



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA - POSGRAP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGEO

CÁTIA DOS SANTOS FONTES

**DINÂMICA DOS PROCESSOS EROSIVOS EM TALUDES DO BAIXO CURSO DO
RIO SÃO FRANCISCO: DESAFIOS PARA SEU CONTROLE COM USO DE
GEOTÊXTEIS**

SÃO CRISTOVÃO/SE

2016



CÁTIA DOS SANTOS FONTES



**DINÂMICA DOS PROCESSOS EROSIVOS EM TALUDES DO BAIXO CURSO DO
RIO SÃO FRANCISCO: DESAFIOS PARA SEU CONTROLE COM USO DE
GEOTÊXTEIS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia da Universidade
Federal de Sergipe, como requisito parcial à
obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues
Holanda

SÃO CRISTOVÃO/SE

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA




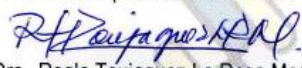
Ata da Sessão de Defesa da Tese de Doutorado de

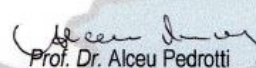
Cátia dos Santos Fontes .

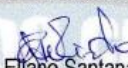
Aos vinte e cinco dias do mês de fevereiro de dois mil e dezesseis, com início às oito horas, realizou-se no Auditório da Pós-Graduação em Geografia, bloco de Didática II, da Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, em São Cristóvão-SE, a sessão pública da defesa de Tese de Doutorado em Geografia de **Cátia dos Santos Fontes**, intitulada: *Dinâmica dos Processos Erosivos em Taludes do Baixo Curso do Rio São Francisco: desafios para seu controle com uso de geotêxteis*. A Banca Examinadora foi presidida pelo Professor Doutor Francisco Sandro Rodrigues Holanda, que abriu a sessão pública e passou a palavra para a doutoranda proceder a apresentação de sua Tese. Logo após a apresentação, cada membro da Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores Regla Toujaguez La Rosa Massahud, Alceu Pedrotti, Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto e Lilian de Lins Wanderley arguíram a candidata, que teve igual período para sua defesa. Na sequência, o Professor Doutor Francisco Sandro Rodrigues Holanda, na condição de orientador, teceu comentários sobre a tese apresentada e destacou a trajetória para a sua construção. Por fim, a banca examinadora reuniu-se para avaliação e decidiu **Aprovar a candidata**. Foram atendidas as exigências da Resolução nº 25/2014/CONEPE, que regula a apresentação e defesa de Tese de Doutorado.


Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, 25 de fevereiro de 2016.

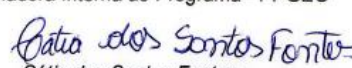

Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues Holanda
Orientador e presidente da banca


Prof. Dra. Regla Toujaguez La Rosa Massahud
Examinadora externa à Instituição


Prof. Dr. Alceu Pedrotti
Examinador externo à Instituição


Prof. Dra. Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto
Examinadora interna ao Programa - PPGeo


Prof. Dra. Lilian de Lins Wanderley
Examinadora Interna ao Programa - PPGeo


Cátia dos Santos Fontes
-Aluna-

Dedico,

À Minha Família

AGRADECIMENTOS

Louvado seja Deus por essa conquista, pois essa vitória é graças a um Deus fiel que honra os seus servos e que pode tudo. Agradeço primeiramente a esse Deus que com sua infinita Misericórdia e pela intercessão de Vossa Mãe Maria Santíssima, permitiu que o caminho que escolhi nos estudos fosse também um caminho de renovação da minha fé, pois em meio a muitos desafios que foram superados durante o meu Doutorado eu tinha certeza a cada dia que era o próprio Deus que agia através do Espírito Santo, pois as minhas forças, fé e perseveranças se renovavam nos momentos de oração, adoração e comunhão com Ele. Pois foi graças a esses momentos de busca por Deus que a minha perseverança permitiu chegar até o dia da conclusão do meu Doutorado. Um sonho que jamais conseguiria realizar sozinha, pois na vida acadêmica há muitos desafios a serem superados, por isso Deus enviou anjos, sim anjos, são todas as pessoas que ao longo dessa jornada de estudos contribuíram direta ou indiretamente me apoiando, dando forças e me auxiliando diretamente nos trabalhos de campo e laboratório.

À Universidade Federal de Sergipe por me proporcionar através do Programa de Pós-Graduação em Geografia concluir os meus estudos e tornar possível alcançar o meu título de Doutora em Geografia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo financiamento dos meus estudos através de Bolsa de Estudos que foi de fundamental importância na realização de minha pesquisa.

Em meio à minha vida dedicada aos trabalhos acadêmicos o meu agradecimento especial vai a toda a minha família, primeiramente aos meus pais, a minha mãe Josefa e a meu pai Cristovão que mesmo de longe acompanharam todos os dias de minha luta aqui na UFS, no campo ou no laboratório. Mãe e Pai, a confiança, as palavras, as orações foram tão importantes e me fizeram mais forte para superar os desafios que se apresentavam no desenvolvimento da pesquisa. Mas foi buscando retribuir tudo que sempre fizeram por mim que lutei constantemente cada dia nesses quatro anos. Aos meus irmãos, cunhados, sobrinhos que juntos somamos forças, orações e toda a confiança depositada me fez mais forte nos estudos. Sem vocês esse sonho não seria possível. E hoje posso dizer que é para vocês que dedico esse título de Doutora em Geografia. Ao meu irmão Kaique muito obrigada pela elaboração dos croquis da área experimental.

Ao meu esposo Denny que conviveu e acompanhou o dia a dia dessa pesquisa, não tenho palavras para expressar a minha gratidão pelo amor, carinho, companheirismo, paciência, e pela compreensão nas minhas ausências em virtude de minha carga de trabalhos no campo e laboratório, por muitos dias que ao levantar pela manhã eu ainda me encontrava a estudar sem nem mesmo ter dormido naquela noite, e mesmo assim com tanta paciência me ajudou muito e foi tão companheiro em todos os momentos. Juntos renunciávamos a muitos finais de semana para que eu pudesse me dedicar aos estudos. Amor, você foi o Anjo que Deus colocou ao meu lado, pois juntos rezamos, buscamos forças em Deus e assim me sentia amparada e mais forte para lutar constantemente na busca de meu título de Doutora. E sendo hoje uma família é a você que também dedico esse título, pois presenciou todas as minhas angústias e lágrimas. Saiba que todos os frutos que virão iremos compartilhar juntos pois essa vitória alcançada com muita garra é nossa!

Ao meu Orientador, o Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues Holanda o meu muito obrigado, eu tenho certeza que foi Deus que me conduziu a ser sua orientanda de Doutorado, pois fazer parte do Grupo de Pesquisa em Gestão Hidroambiental do Baixo São Francisco esses quatro anos fez toda a diferença na realização de minha pesquisa, a qual foi conduzida com tanto trabalho e dedicação sob a sua coordenação. Foi através de um trabalho mútuo que desenvolvemos cada etapa desta pesquisa de Doutorado juntamente com cada membro do grupo, trabalhando muito no campo e no Laboratório de Erosão e Sedimentação (LABES) da UFS para alcançar excelentes resultados. E graças a Deus e ao desempenho de cada um sob a sua coordenação com tanta responsabilidade, desenvolvemos juntos um grande trabalho. O senhor não foi apenas um orientador, foi muito mais, pois a sua garra, sua determinação, seu compromisso e respeito nos ensinou tanto que tornou-se um pai para nós no LABES. Fui tão acolhida, tão bem orientada em meio às cobranças rígidas e às orientações que servirão para toda a minha vida. A minha gratidão é eterna Professor Sandro Holanda, e seguindo as suas orientações e conselhos foi possível concluir esse trabalho. Hoje tenho mais certeza que “o nosso limite é o céu”! Seguindo suas palavras tenho certeza que nada é impossível para aquele que crê em Deus. Saiba que o senhor é o principal responsável por essa conquista. Muito obrigada!

À toda equipe do LABES e que faço questão de mencionar aqui cada um, pois esses são os responsáveis diretos pela realização de cada etapa dessa pesquisa de Doutorado. Foi através de duros trabalhos em campo e laboratório que juntos alcançamos os resultados que constituem essa tese de Doutorado. À Janisson, Fládson, Marks e Deverton que comigo

estiveram desde o início da pesquisa nas primeiras visitas em campo meu muito obrigado, aprendi muito com cada um de vocês. À Walter, Iury, Ivo e Tássio pelos excelentes trabalhos em campo e laboratório e que sempre estiveram disponíveis na realização das tarefas, foi muito importante a contribuição de vocês. À Antônio e Igor, que alcançaram as últimas e importantes etapas dos trabalhos de campo e laboratório, quantos finais de semana trabalhamos juntos para a conclusão das análises de solo, serei eternamente grata. A minha amiga Hosana, companheira em todas as etapas, pois juntas foi mais fácil superar os desafios da pesquisa, desenvolvemos trabalhos mútuos e não poderia deixar de agradecer todo o apoio e força que compartilhamos juntas. Aos amigos que passaram pelo LABES e desenvolveram suas pesquisas no decorrer do meu Doutorado vocês também fazem parte dessa conquista, o meu agradecimento a Erica, Suzilane e Igor de Aquino. À Igor Pinheiro Rocha, as palavras seriam pouco para expressar a minha gratidão pelo seu apoio, sua força e dedicação até os últimos dias dos meus trabalhos de campo e laboratório, obrigada de coração pela disponibilidade em me ajudar todas as vezes que precisei. À Idamar pelas contribuições nas análises de matéria orgânica.

Quero aqui mencionar o meu sincero agradecimento a Afrânio, morador ribeirinho do município de Amparo do São Francisco que nos acompanhou em todas as visitas de campo, desenvolvendo juntos cada etapa da pesquisa, em dias de chuva ou de sol sempre esteve lá às margens do Rio São Francisco para auxiliar em tudo que fosse necessário. Também o meu agradecimento vai ao motorista da UFS Marcos que sempre se disponibilizou e nos conduziu em todas as viagens de campo. Foram dias de muitos desafios, embaixo de mangueiras, no sol e na chuva os trabalhos aconteceram com muita dedicação. Ainda que o carro quebrasse, a equipe juntava forças e a pé chegávamos à margem do rio para fazer todo o trabalho necessário. São essas experiências que fizeram a diferença no meu curso de Doutorado, como valeu a pena cada dia de trabalho, pois foi a soma de cada dia, a ajuda de cada membro e a orientação do Prof. Sandro Holanda que resultou em uma tese de Doutorado.

À comunidade de artesãos do município de Pacatuba na pessoa do presidente da Associação de Apicultores e Artesãos dos Povoados Tigre e Junça (AAAPTJ) Domingos, e das artesãs Iracema, Ana Lúcia e Maria José agradeço a todos que trabalharam e fizeram acontecer os objetivos propostos nesse trabalho, pois foi através do sim e do trabalho da confecção dos geotêxteis nessa comunidade que os experimentos em campo e laboratório tornaram-se possível, resultando na criação de mais uma técnica de contenção de erosão agora disponível para a sociedade como resposta aos resultados alcançados.

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia o Prof. Dr. José Eloízio, a quem serei eternamente grata pelo seu acolhimento e pela confiança depositada, pois foi quem primeiro me acolheu em seu Grupo de Pesquisa sobre Transformações no Mundo Rural (GEPRU), a quem devo sinceros agradecimentos em nome de todos os membros do Grupo de pesquisa, pois não poderia deixar de mencionar a força e o apoio de cada um de vocês. Aos secretários do PPGEIO por nos atender sempre que precisamos, à Ewerton, Francis e Mateus o meu muito obrigado.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia especialmente à Prof^{ra}. Dr^a. Maria Augusta e à Prof^{ra}. Dr^a. Josefa Eliane pelas excelentes contribuições na minha qualificação de Doutorado que foram valiosas no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Dr. Alceu Pedrotti a quem devo um agradecimento mais que especial, pois é um dos principais responsáveis por eu ter chegado até aqui. Foi o Professor Alceu quem primeiro me acolheu na UFS no início dos meus estudos na Pós-Graduação, sem nem mesmo me conhecer pessoalmente, mas através de e-mail aceitou ser meu orientador no Mestrado e juntos desenvolvemos trabalhos que resultaram no meu Título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, etapa essa fundamental para chegar até a seleção de Doutorado. E hoje, digo de coração que sou imensamente grata por tudo, pois o seu sim em 2009 durante a seleção do mestrado era apenas o início de grandes conquistas que tenho alcançado na minha vida acadêmica e jamais deixaria de reconhecer o quanto foi importante a sua contribuição.

À Professora Dr^a. Regla Toujaguez da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pela grande contribuição na troca de conhecimentos nos trabalhos realizados em parceria com os grupos de pesquisa, pelos créditos aos nossos trabalhos no LABES e pela parceria no desenvolvimento de técnicas para a contenção de erosão.

À Professora Dr^a. Lilian de Lins Wanderley por se disponibilizar em fazer parte da banca de defesa, e que contamos com as valiosas contribuições.

Às amigas, que ao longo dessa jornada estiveram me apoiando, em especial ao Grupo de Estudos da Madrugada, que juntas desde 2005 quando ainda estávamos na graduação permanecemos até hoje nos ajudando, dando forças, rezando e sempre que possível estamos juntas para trabalhar diretamente no desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa, o meu muito obrigada a Alberlene, Ana Paula, Alda, Thaisa e Debora. Amigas, esse grupo de pesquisa foi fundado na rocha da determinação, da garra e do compromisso nos objetivos propostos, muito

obrigada por tudo, pois foi graças a muitos trabalhos e estudos que desenvolvemos juntas que hoje nós já colhemos frutos. Que Deus continue nos guiando e abençoando todos os nossos projetos e sonhos.

Às minhas amigas Sandra, Elis Regina e Márcia, pelas experiências que vivenciamos juntas na Pós-Graduação em Geografia que nos fortaleceu muito nessa jornada acadêmica.

Aos amigos na fé que Deus nos enviou nessa jornada para somar forças na oração e na luta diária da vida acadêmica, a Eliete, Fernando, Alexandre, Niris, Alba, Keciane, Manoel, Juciana e Barbara. Como foi importante conhecer vocês, pois foram as orações feitas na mesma intenção, pedindo a Deus pelos estudos que nos manteve forte. A minha gratidão a todo o Ministério Universidades Renovadas. Ainda que os desafios tenham chegado, todos foram superados, pois nós compartilhamos uma vida acadêmica consagrada a Deus que não nos isentou das lutas diárias, mas lutávamos na certeza da vitória. Obrigada por terem sido também anjos enviados por Deus.

Às minhas amigas da comunidade no Bairro Rosa Elze verdadeiras intercessoras dos estudantes, senhoras que se prostram diante de Jesus Sacramentado para interceder a Deus por nós estudantes, que acompanharam nossas lutas na Universidade, as quais recorri muitas vezes para buscar conselhos e pedi orações. A dona Marlene, dona Ana, dona Maria e Edileusa o meu muito obrigada. Deus tem ouvido suas orações e transformado as nossas angústias em certezas na vitória dos nossos objetivos. Pois a vida acadêmica sem Deus não teria sentido. A fé foi à base fundamental nessa última etapa e a mais importante da minha vida acadêmica na busca pelo Título de Doutora em Geografia.

Agradeço a todos que contribuíram para que mais uma etapa dos meus estudos fosse concretizada, não sendo possível mencionar o nome de todos, pois esse sonho do Doutorado não seria possível realizar sozinha. Foram muitas pessoas, muitos dias, muitas noites e finais de semana dedicados constantemente aos trabalhos acadêmicos, mas chego ao final realizada, e imensamente agradecida, pois somando as forças, trabalhos, orações, confiança depositada e muita dedicação esse sonho tornou-se realidade. Agora sinto-me pronta a dar mais um passo na busca de mais conquista e sonhos que ainda almejo alcançar. Pois essa etapa já foi cumprida para a honra e Glória de Deus!

*“Nenhuma obra do Senhor ficará inacabada,
porque Vós podeis tudo. Deus é Fiel”.*

RESUMO

O Baixo São Francisco Sergipano tem sofrido com impactos ocasionados pelas alterações na vazão do rio provocadas pelas políticas públicas implantadas nas últimas décadas que priorizaram os barramentos para geração de energia. Desta forma, é frequente a busca por soluções que controlem o avanço dos processos erosivos, a partir da compreensão dos aspectos geomorfológicos que norteiam a dinâmica da erosão em taludes fluviais. Foi nesta perspectiva que surgiu a necessidade de implementação de técnicas sustentáveis que possam mitigar a perda de solo controlando a erosão a exemplo das técnicas de bioengenharia de solos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica dos processos erosivos na margem do rio São Francisco, no seu baixo curso, e as formas de mitigação por meio do uso de geotêxteis fabricados com fibras naturais para a recuperação hidroambiental. Desta forma, a metodologia seguiu as seguintes etapas: inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico, em seguida conduzidos trabalhos em campo para reconhecimento da área e a análise da paisagem, bem como identificação de fibras utilizadas para o desenvolvimento de técnicas de contenção de erosão, seguido da instalação de ensaios experimentais e monitoramento dos parâmetros avaliados em campo, análises em laboratório e, como última etapa foi trabalhada a síntese dos resultados alcançados com a realização da pesquisa. O modelo teórico metodológico utilizado na pesquisa foi o GTP (Geossistema, Território, Paisagem) proposto por Bertrand (1971), através de abordagem sistêmica e integradora na análise da paisagem e da relação sociedade e natureza no espaço geográfico. A pesquisa avaliou os processos erosivos nas margens do rio, em consequência da dinâmica fluvial apresentada pelo Rio São Francisco, considerando sua regularização da vazão, a partir da implantação das UHEs de Sobradinho e Xingó no Baixo São Francisco (BSF), assim como associada ao desmatamento, ocupação irregular das margens, entre outros impactos que também são identificados. Como resultado, a pesquisa confirma a presença de erosão na margem direita do BSF ocasionando a perda de solo, associada à dinâmica fluvial considerando a vazão regularizada, bem como as condições de clima e solo da área estudada que também influenciam na ação da erosão da margem. A partir dos experimentos em campo observou-se que entre fibras selecionadas para fabricação dos geotêxteis, as fibras de Ouricuri e Junco mostraram-se mais eficientes na contenção de erosão, porém quanto à resistência e durabilidade às variáveis climáticas a fibra de Taboa liderou, sendo a mais resistente. O uso de fibras naturais a partir da confecção de geotêxteis e aplicação em taludes fluviais torna-se mais uma alternativa como técnicas de contenção de erosão, fundamentada nos resultados alcançados através dos testes em campo e laboratório realizados em área experimental nas margens do rio. Por fim esta pesquisa apresenta à comunidade científica uma contribuição à medida que reflete sobre os processos erosivos na margem do rio, desenvolve, experimenta e disponibiliza informações de utilidade para a sociedade sobre uma técnica para a contenção da erosão em taludes fluviais.

Palavras-chaves: Bioengenharia de Solos. Erosão. Fibras Naturais. Geomorfologia.

ABSTRACT

The Lower São Francisco River has suffered with impacts by changes in river flow caused by public policies implemented in recent decades that prioritized the construction of Electrical Power Dams. Then is very important to search for solutions through techniques to monitor the progress of erosion, especially erosion on riverbanks. From this perspective, we need to build sustainable techniques that can mitigate the soil loss controlling erosion with soil bioengineering techniques and considering the geomorphological dynamics of that environment. The objective of this work was to evaluate the dynamics of erosion on the banks of the São Francisco River in its lower course, and how to mitigate them through the use of geotextiles made from natural fibers for hydro-recovery. Thus, the methodology followed the steps: initially was based on a literature review, then field work for the area recognition and the analysis of the landscape as well as fibers identification in order to develop erosion control techniques, followed by experimental tests and monitoring geotextile evaluated in field and laboratory and then was build a synthesis of the results achieved with the research. The methodological theoretical model used in the research was the GTP (Geosystem, Territory, Landscape) proposed by Bertrand (1971), through a systemic and integrated approach to landscape analysis and the relationship between society and nature in the geographical space. The river banks erosion was registered as a result of fluvial dynamics presented by the São Francisco River, considering the regulated flow from the implementation of Sobradinho and Xingó electrical power dams in the Lower São Francisco (BSF) and associated deforestation, river margins illegal occupation, among other impacts. As a result the research states the presence of erosion on the right bank of the the lower river causing soil loss that is associated with the fluvial dynamics of the river with regulated flow, as well as the conditions of climate and soil of studied area also influence riverbank erosion. From the field experiment it was observed that among the selected fibers to perform the tests for the production of geotextiles, those of Ouricuri and Junco were more efficient in erosion control, but for strength and durability to climatic variables the fiber from Taboa, was the most resistant. In conclusion the use of natural fibers in geotextiles and its application in the riverbanks became an alternative to compose erosion control techniques, based on the results obtained through field and laboratory tests. Finally this research provides to the scientific community a contribution on the erosion on the riverbank, providing useful information for the society as an important technique to erosion control in the riverbanks.

Keywords: Erosion. Geomorphology. Natural fibers. Soil bioengineering.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 -	Conceitos Centrais de Território.....	29
FIGURA 02 -	Erosão por solapamento da base no talude do Baixo São Francisco Sergipano (A), desmoronamento em blocos de solos causados pelo solapamento (B).....	42
FIGURA 03 -	Sistemas Complexos de Integração no Baixo São Francisco Sergipano.....	62
FIGURA 04 -	Geótopo Talude Fluvial no Baixo São Francisco Sergipano em Amparo do São Francisco. Vista frontal (A) e vista lateral sentido jusante (B) da UHE Xingó.....	71
FIGURA 05 -	Fluxograma com as etapas da pesquisa.....	77
FIGURA 06 -	Localização do talude para monitoramento da erosão no Baixo São Francisco no Município de Amparo do São Francisco.....	78
FIGURA 07 -	Talude erodido na margem direita do Baixo São Francisco (A). Disposições dos pinos para monitoramento da erosão (B); Pinos no talude (C); e Pino exposto no talude (D).....	80
FIGURA 08 -	Posição das seções transversais e pontos de instalação dos pinos no talude.....	81
FIGURA 09 -	Magnitude do processo erosivo nas 24 linhas de medição ao longo do período de Novembro de 2014 a Dezembro de 2015.....	86
FIGURA 10 -	Precipitação mensal acumulada no período de Novembro de 2014 a Novembro de 2015.....	87
FIGURA 11 -	Perfil transversal, Seção Batimétrica (S1). O ponto “0” é a margem direita do rio, e o ponto “144” é a barra arenosa.....	88
FIGURA 12 -	Perfil transversal Seção Batimétrica (S2). O ponto “0” é a margem direita do rio, e o ponto “149” é a barra arenosa.....	89
FIGURA 13 -	Variação da vazão do baixo curso do rio São Francisco no período de Novembro 2014 a Outubro 2015.....	90
FIGURA 14 -	Variação da cota do rio São Francisco no baixo curso no período de Novembro. 2014 Outubro. 2015.....	91
FIGURA 15 -	Vista de talude no sentido jusante no Baixo Curso do Rio São Francisco nos anos de 2012 - A, 2013-B, 2014 - C e 2015 - D. Amparo do São Francisco/SE.....	93
FIGURA 16 -	Localização da área experimental em Amparo do São Francisco no Estado de Sergipe.....	95

FIGURA 17 -	Espécie Taboa (A); Beneficiamento (B) e o Artesanato como produto final (C).....	97
FIGURA 18 -	Planta de Ouricuri (A); Beneficiamento (B) e a Confecção artesanal de vassouras como produto final (C).....	98
FIGURA 19 -	Junco em áreas alagadas no município de Pacatuba/SE.....	99
FIGURA 20 -	Áreas de ocorrência de Taboa e Junco no município de Pacatuba/SE.	100
FIGURA 21 -	Realização de oficinas para discussão dos objetivos propostos na pesquisa.....	100
FIGURA 22 -	Croqui da área experimental com Blocos e os diferentes tratamentos experimentais: tratamentos GT – Geotêxteis de Taboa; GJ – Geotêxteis de Junco; GO – Geotêxteis de Ouricuri e SN – Solo sem geotêxteis.....	102
FIGURA 23 -	Área experimental anterior à implantação do experimento (A). Vista da área experimental após a implantação do experimento (B). Amparo do São Francisco/SE.....	102
FIGURA 24 -	Implantação do ensaio experimental com geotêxteis submetidos aos fatores climáticos.....	103
FIGURA 25 -	Geotêxteis de Taboa (A), Junco (B) e Ouricuri (C) expostos em campo para os testes de Degradação Natural.....	104
FIGURA 26 -	Condução dos ensaios de resistência à tração dos geotêxteis.....	106
FIGURA 27 -	Vista das calhas usadas para coleta de sedimentos nos tratamentos, com uso de sacos.....	107
FIGURA 28 -	Filtragem de sedimentos em laboratório.....	107
FIGURA 29 -	Distribuição das estacas para medição de perda de sedimentos por escoamento superficial na área experimental nos tratamentos GT – Geotêxteis de taboa, GJ – Geotêxteis de junco, GO – Geotêxteis de Ouricuri e SN – Solo sem geotêxteis.....	108
FIGURA 30 -	Distribuição das estacas no tratamento (A) Medição e monitoramento da erosão no experimento (B).....	109
FIGURA 31 -	Área experimental com localização dos pontos de coletas de amostras solo para análise textural.....	110
FIGURA 32 -	Equipamentos utilizados para a determinação da Textura do solo. Agitador elétrico (A) e medição da densidade (B).....	111
FIGURA 33 -	Diagrama triangular utilizado para a classificação textural do solo.....	111
FIGURA 34 -	Determinação do teor de matéria orgânica.....	112

FIGURA 35 -	Fibras de Taboa (A) e a confecção dos Geotêxteis de forma artesanal (B).....	116
FIGURA 36 -	Moldes para uniformizar tamanhos do geotêxteis (A) e sobreposição dos geotêxteis (B).....	116
FIGURA 37 -	Protótipos de geotêxteis confeccionados com fibra de Taboa (A, B, C e D).....	117
FIGURA 38 -	Protótipos confeccionados de geotêxteis de junco (A, B e C).....	118
FIGURA 39 -	Protótipos confeccionados de geotêxteis de Ouricuri (A e B).....	119
FIGURA 40 -	Variação de tensão de ruptura das fibras de Taboa, Junco e Ouricuri com relação ao tempo de exposição.....	122
FIGURA 41 -	Variação da deformação dos geotêxteis das fibras de Taboa, Junco e Ouricuri com relação ao tempo de exposição.....	122
FIGURA 42 -	Desenvolvimento da cobertura vegetal após a implantação do experimento (A) e aos 90 dias de implantação (B).....	123
FIGURA 43 -	Variação entre precipitação e perda de sedimentos nos tratamentos GT, GJ, GO e SN por dia de coleta.....	128
FIGURA 44 -	Área experimental com a posição das estacas em cada um dos tratamentos.....	130
FIGURA 45 -	Precipitação mensal acumulada no período do monitoramento das estacas.....	131
FIGURA 46 -	Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GT1- Tratamento com Geotêxtil de Taboa, repetição (Bloco 01) e posição das estacas no talude (GT1.1, GT1.2, GT1.3, GT1.4, GT1.5, GT1.6).....	132
FIGURA 47 -	Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GT2- Tratamento com Geotêxtil de Taboa, repetição (Bloco 02) e posição das estacas no talude (GT2.1, GT2.2, GT2.3, GT2.4, GT2.5, GT2.6).....	133
FIGURA 48 -	Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GJ2 - Tratamento com Geotêxtil de Junco, repetição (Bloco 02) e posição das estacas no talude (GJ2.1, GJ2.2, GJ2.3, GJ2.4, GJ2.5, GJ2.6).....	134
FIGURA 49 -	Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GJ3- Tratamento com Geotêxtil de Junco, repetição (Bloco 03) e posição das estacas no talude (GJ3.1, GJ3.2, GJ3.3, GJ3.4, GJ3.5, GJ3.6).....	135

FIGURA 50 -	Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GO1- Tratamento com Geotêxtil de Ouricuri, repetição (Bloco 01) e posição das estacas no talude (GO1.1, GO1.2, GO1.3, GO1.4, GO1.5, GO1.6)..	136
FIGURA 51 -	Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GO2- Tratamento com Geotêxtil de Ouricuri, repetição (Bloco 02) e posição das estacas no talude (GO2.1, GO2.2, GO2.3, GO2.4, GO2.5, GO2.6)..	137
FIGURA 52 -	Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento SN1 Tratamento com Solo sem geotêxtil, repetição (Bloco 01) e posição das estacas no talude (SN1.1, SN1.2, SN1.3, SN1.4, SN1.5, SN1.6).....	138
FIGURA 53 -	Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento SN2 Tratamento com Solo sem geotêxtil, repetição (Bloco 02) e posição das estacas no talude (SN2.1, SN2.2, SN2.3, SN2.4, SN2.5, SN2.6).....	139
FIGURA 54 -	Croqui do ensaio experimental, com destaque para o tratamento Geotêxtil de Taboa (GT) e Diagrama Triangular das Classes Texturais com destaque para a classe do tratamento GT.....	140
FIGURA 55 -	Croqui do ensaio experimental, com destaque para o tratamento Geotêxtil de Junco (GJ) e Diagrama Triangular das Classes Texturais com destaque para a classe do tratamento GJ.....	141
FIGURA 56 -	Croqui do ensaio experimental, com destaque para o tratamento Geotêxtil de Ouricuri (GO) e Diagrama Triangular das Classes Texturais com destaque para a classe do tratamento GO.....	141
FIGURA 57 -	Croqui do ensaio experimental, com destaque para o tratamento Solo sem geotêxtil (SN) e Diagrama Triangular das Classes Texturais com destaque para a classe do tratamento SN.....	142
FIGURA 58 -	Aspecto da degradação do geotêxtil no tratamento GJ.....	144

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA	01 -	Volume de solo erodido (m ³) nas 24 linhas de medição no talude.....	83
TABELA	02 -	Valores de tensão, deformação nos diferentes níveis de degradação dos Geotêxteis de Taboa (<i>Typha latifolia. Linn</i>), Junco (<i>Juncus sp.</i>) e Ouricuri (<i>Syagrus coronata</i>).....	120
TABELA	03 -	Produção (perdas) de sedimentos nos tratamentos GT, GJ, GO e SN..	125
TABELA	04 -	Variação mensal de precipitação e perda de sedimentos nos tratamentos GT, GJ, GO e SN.....	127
TABELA	05 -	Classe textural dos sedimentos carregados pela erosão superficial.....	143
TABELA	06 -	Teor de matéria orgânica e carbono dos sedimentos carregados por escoamento superficial no experimento.....	145
QUADRO	01 -	Classificação Sintética da Paisagem na Unidade de um Geótopo.....	71

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE	A - Roteiro de Entrevista.....	161
APÊNDICE	B - Termo de Consentimento.....	163
APÊNDICE	C - Questionário de Pesquisa.....	164
APÊNDICE	D - Dados da análise textural referente ao Tratamento GT (Geotêxtil de Taboa) no experimento de campo.....	167
APÊNDICE	E - Dados da análise textural referente ao Tratamento GJ (Geotêxtil de Junco) no experimento de campo.....	169
APÊNDICE	F - Dados da análise textural referente ao Tratamento GO (Geotêxtil de Ouricuri) no experimento de campo.....	171
APÊNDICE	G - Dados da análise textural referente ao Tratamento SN (Solo sem Geotêxteis) no experimento de campo.....	173
APÊNDICE	H - Dados da análise de teor de Matéria Orgânica.....	175
APÊNDICE	I - Dados de coletas de sedimentos em campo.....	176
APÊNDICE	J - Dados das leituras dos Pinos no Talude e Precipitação Mensal Acumulada.....	177
APÊNDICE	K - Dados de leitura das estacas no experimento.....	180

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAAPTJ – Associação de Apicultores e Artesãos dos Povoados Tigre e Junça

ANA – Agência Nacional de Águas

BSF – Baixo São Francisco

CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GJ – Geotêxtil de Junco

GO – Geotêxtil de Ouricuri

GT – Geotêxtil de Taboa

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis.

INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

OEА – Organização dos Estados Americanos

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SN – Solo sem Geotêxtil

UHE – Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
	2.1 Território e Paisagem no Espaço Geográfico	24
	2.2 A Relação Sociedade e Natureza na Abordagem Geossistêmica	31
	2.3 Impactos Ambientais e Erosão dos Solos.....	35
	2.3.1 Erosão fluvial em margens de rio.....	38
	2.4 Dinâmica da Erosão Superficial e os Fatores Controladores	46
	2.4.1 Atributos do solo e erosão	49
	2.4.2 O papel da cobertura vegetal no controle da erosão.....	52
	2.5 Bioengenharia de Solos.....	54
3	CARACTERIZAÇÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO NO MODELO GTP.....	59
	3.1 Geossistema do Baixo São Francisco.....	63
	3.2 Condicionantes Geoambientais do Baixo São Francisco.....	64
	3.2.1 A Geologia do Baixo São Francisco	65
	3.2.2 A Geomorfologia do Baixo São Francisco	66
	3.2.3 O Relevo do Baixo São Francisco.....	66
	3.2.4 Os Solos do Baixo São Francisco	67
	3.2.5 A Cobertura Vegetal do Baixo São Francisco	68
	3.3 Geofáce Margem Direita do Baixo São Francisco Sergipano	68
	3.4 Geótopo Talude Fluvial	70
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	75
	4.1 Monitoramento de Erosão em Talude.....	78
	4.2 Processos Erosivos em Taludes Fluviais	83
	4.3 Variações da Vazão no Baixo São Francisco Sergipano.....	91
5	USO DE GEOTÊXTEIS PARA CONTROLE DA EROSÃO	95
	5.1 Trabalhos de Campo.....	96

5.1.1 Produção de geotêxteis.....	96
5.1.2 Área experimental com uso de técnicas de bioengenharia de solos.....	101
5.1.3 Degradação natural dos geotêxteis.....	103
5.1.4 Desenvolvimento da cobertura vegetal	105
5.1.5 Resistência à tração das fibras naturais	105
5.1.6 Perda de sedimentos por escoamento superficial	106
5.1.7 Erosão/deposição de sedimentos a partir de monitoramento de estacas nos tratamentos experimentais.....	108
5.1.8 Análise granulométrica	109
5.1.9 Teor de matéria orgânica.....	112
5.2 Controle da Erosão em Taludes Fluviais com Uso de Geotêxteis de Fibras Naturais.....	114
5.2.1 O processo de confecção dos geotêxteis pelos artesãos.....	114
5.2.2 Resistência à tração das fibras naturais	120
5.2.3 Desenvolvimento da cobertura vegetal	123
5.2.4 Perda de sedimentos por escoamento superficial	124
5.2.5 Erosão/deposição de sedimentos a partir do monitoramento de estacas nos tratamentos experimentais.....	129
5.2.6 Análise granulométrica	140
5.2.7 Teor de matéria orgânica.....	144
6 CONCLUSÕES	146
REFERÊNCIAS.....	148
APÊNDICES	161

1 INTRODUÇÃO

Os estudos sobre as questões ambientais vêm tomando grandes proporções, visto que a relação homem e meio ambiente não se encontra em equilíbrio, por isso, as áreas do conhecimento têm realizado estudos para buscar compreender, e na medida do possível, mitigar os problemas ambientais frente aos interesses humanos.

Uma bacia hidrográfica, pela sua dinâmica, como unidade de planejamento representa de forma clara a ação antrópica no uso e ocupação do solo e da água, exemplificados pelos processos de erosão. Integrando conhecimentos de Geomorfologia com a Bioengenharia de solos, que trabalha técnicas de contenção de erosão, podem ser identificadas soluções para amenizar os impactos ambientais ocasionados pela erosão.

A erosão se apresenta como uma forma de degradação e nas margens de rio tem causado a perda de solo promovendo fortes impactos ambientais. No Baixo São Francisco percebe-se exemplos de erosão ocasionada pela influência da regularização da vazão das águas do rio, provocando uma nova dinâmica de ajuste do canal até sua foz. Em tempo, os principais problemas ambientais enfrentados pela sociedade no último século são: desmatamento, poluição dos rios, queimadas, erosão dos solos, etc. A erosão, tem ocasionado impactos tanto no meio rural, quanto no meio urbano, levando a consequências negativas, demandando estudos que visam buscar soluções por meio de técnicas de mitigação, ambientalmente e tecnicamente sustentáveis, e principalmente de baixo custo.

Levando em consideração a linha de pesquisa Dinâmica Ambiental, contemplada neste trabalho de pesquisa, o presente estudo desenvolveu uma análise interdisciplinar através da Geografia, Pedologia, Geologia, Climatologia e Geomorfologia focando em impactos de erosão em taludes fluviais.

A pesquisa contemplou a abordagem sistêmica e realizou-se no Baixo Curso do Rio São Francisco Sergipano abrangendo os municípios de Pacatuba especificamente nos Povoados Tigre, Junça e Santana dos Frandes, onde é registrada a prática de uso de fibras vegetais para a confecção do artesanato e no município de Amparo do São Francisco onde foram monitorados os processos erosivos e onde também foi implantado experimento de campo para os testes com geotêxteis à margem direita do Rio São Francisco, visando a contenção de erosão.

Diante de problemas ambientais proporcionados pela erosão fluvial diagnosticada pelo seu avanço progressivo que reflete a degradação das margens do rio, repercutindo a execução de políticas públicas na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, é investigado o uso de recursos naturais para mitigação dos processos erosivos, a partir das vivências e contribuições das comunidades de artesãos, com a manufatura de um trançado (Geotêxteis) para a contenção de erosão em taludes de rio, por meio da sua confecção com fibras das espécies Taboa (*Typha latifolia*, Linn), Junco (*Juncus sp.*) e Ouricuri (*Syagrus coronata*). Neste sentido, a pesquisa buscou responder às seguintes questões: 1) Como evoluem os processos erosivos na margem do rio? 2) Os Geotêxteis confeccionados a partir das fibras naturais são eficientes na contenção da erosão? 3) As fibras utilizadas para a produção de artesanato nas comunidades estudadas são adequadas para a produção de Geotêxteis?.

Para tanto fez-se necessário definir um objetivo geral que foi, avaliar a dinâmica dos processos erosivos na margem do Rio São Francisco, no seu baixo curso, e as formas de mitigação por meio do uso de geotêxteis fabricados com fibras naturais para a recuperação hidroambiental.

Como objetivos específicos buscou-se, inicialmente avaliar a dinâmica dos processos erosivos na margem do rio numa perspectiva geomorfológica; segundo objetivo específico foi identificar o potencial de uso de Taboa (*Typha latifolia*, Linn), Junco (*Juncus sp.*) e Ouricuri (*Syagrus coronata*) como matéria-prima para confecção de geotêxteis, através do levantamento das áreas de ocorrência dessas espécies, o tipo de extração, a periodicidade com que se realiza a extração e como é realizado o beneficiamento dessas fibras; no terceiro objetivo específico avaliou-se de forma integrada e participativa com as comunidades que utilizam os materiais a serem manufaturados na fabricação de geotêxteis, quanto a sua textura, espessura, firmeza e durabilidade; o quarto objetivo consistiu em realizar os testes em campo e em laboratório com os geotêxteis no talude do Baixo São Francisco Sergipano. A pesquisa fundamenta-se na abordagem sistêmica como campo conceitual, metodológico e analítico sob os princípios da Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy.

A hipótese é que a dinâmica fluvial do Rio São Francisco principalmente após a regularização da vazão devido à construção de barragens, tem ocasionado impactos ambientais que se refletem na erosão das margens no Baixo São Francisco. E diante dos processos erosivos, os geotêxteis confeccionados de fibras naturais constituem uma técnica eficiente na contenção da erosão em taludes fluviais, pois reduzem a perda de sedimentos,

favorecem a infiltração da água no solo, proporcionam o desenvolvimento da cobertura vegetal e garantem aporte de matéria orgânica ao solo pela degradação natural.

O presente trabalho é constituído de seis capítulos sendo o primeiro a Introdução com a apresentação geral da pesquisa mostrando a importância e os objetivos para a realização de cada etapa.

No segundo capítulo é apresentada a Fundamentação Teórica onde realizou-se um estudo sobre o território e a paisagem no espaço geográfico e a relação sociedade e natureza na abordagem geossistêmica. Apresenta também os principais impactos ambientais com destaque para a erosão de solos, e descreve sobre os tipos de erosão mais pertinentes em margens de rios, bem como as características da erosão fluvial e superficial e seus fatores controladores, e apresenta as contribuições das técnicas de bioengenharia de solos para a mitigação dos processos erosivos.

O terceiro capítulo faz uma caracterização do Baixo São Francisco seguindo o modelo GTP (Geossistema, Território e Paisagem) destacando a unidade geomorfológica Geótopo como área objeto de estudo.

O quarto capítulo apresenta os procedimentos metodológicos para o monitoramento da erosão em talude com técnicas de pinos de erosão, avaliando o recuo da margem direita do Baixo Curso do Rio São Francisco, e os resultados alcançados no monitoramento da erosão com a técnica de pinos, fazendo uma relação direta com as condições geoambientais da área em estudo e a variação da vazão do rio nos últimos anos.

O quinto capítulo apresenta os trabalhos em campo e o processo na confecção dos geotêxteis de fibras naturais. Apresenta ainda os instrumentos utilizados na pesquisa, bem como todas as etapas e procedimentos metodológicos que foram necessários à instalação e monitoramento dos parâmetros avaliados em campo e laboratório com uso de geotêxteis de Taboa, Junco e Ouricuri para a contenção de erosão na margem direita do Baixo Curso do Rio São Francisco. Descreve cada um dos parâmetros avaliados em campo e em laboratório relativos ao uso de geotêxteis.

Por fim, são apresentadas no sexto capítulo as conclusões do trabalho de pesquisa, fundamentadas em uma pesquisa experimental com testes em campo e em laboratório, com o auxílio de conhecimentos interdisciplinares apresentando propostas e soluções para a contenção de erosão em taludes, com uso de geotêxteis como técnicas ambientalmente sustentáveis.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Território e Paisagem no Espaço Geográfico

É inegável que um dos temas mais discutidos na atualidade é a nova configuração na qual se encontra as relações homem e meio ambiente, visto que assume na contemporaneidade uma nova configuração diante das transformações ocorridas ao longo do tempo no espaço geográfico, pois como afirma Corrêa (2000) é no trabalho que os homens estabelecem relações entre si e, a partir desta com a natureza.

Com o surgimento das novas tecnologias, ou “período técnico-científico”, permite-se ao homem não apenas utilizar o que encontra na natureza, mas novos materiais são criados nos laboratórios como um produto de sua inteligência (SANTOS, 2010, p.32). Nesta perspectiva começam a surgir os questionamentos quanto ao papel da ciência no estudo de tais fenômenos, dentre elas, a questão ambiental diante dessas novas territorialidades no processo de produção e organização do espaço no mundo globalizado. Nestas, as ciências ambientais assumem papel importante. Como afirma Moraes (1987) o debate científico manifestará sempre as concepções de mundo vigente que existam numa sociedade. Mas, para isto precisam ser compreendidos no tempo e no espaço.

As mudanças ocorridas na sociedade, sua transformação no modo de produção, consumo e apropriação dos recursos disponíveis, têm levado às transformações no espaço onde vivem as sociedades contemporâneas. E essas análises ambientais na contemporaneidade podem levar a especificidade do problema, porém trata-se de uma questão urgente e global.

Os territórios representam as dinâmicas em que vivem as sociedades, de onde se concretizam as suas condições de sobrevivência a partir das oportunidades consolidadas nesses espaços. Para Barbosa (2013) a questão territorial passa a representar diante do conjunto social, o espaço que se manifesta a partir das identidades criadas pelos grupos ou comunidades que habitam.

O processo de apropriação do espaço seguindo os objetivos de territorialização, tem se modificado ao longo da história onde passa de território zonal perdendo sua característica de controle de áreas para um território-rede, ou comumente conhecido de controle de rede. Deste modo esse processo constitui-se principalmente em três momentos: nas sociedades tradicionais, reflete um território de base para seus recursos e símbolos fundamentais à sua

cultura; até meados do séc. XIX na sociedade moderna ou disciplinar predominava a funcionalidade disciplinar individualizado do espaço, mais que em grupo, porém paralelo à construção da identidade; atualmente na sociedade pós-moderna ou de controle, o movimento ou a mobilidade é que passa a ser imprescindível na construção do território.

Nessa apropriação o território possui igualmente um caráter funcional (recurso) e simbólico (apropriação), coexistindo esses ao mesmo tempo, à medida que se realizam funções, também produzem significados.

Na análise de Santos (2000) distingue-se como recurso: aos atores hegemônicos, ou seja, os privilegiados no uso funcional e mercantil, enquanto como abrigo para os hegemonzados valorizando-o como garantia de sobrevivência. Vale enfatizar nesta distinção no tocante aos hegemonzados, este território adquirem igual valor tanto ao uso como recurso quanto à sua identidade. Segundo Haesbaert (2004, p.4) dando um sentido mais amplo, afirma que o território neste caso “não diz respeito apenas à função, ao ter, mas ao ser”.

Com isso pode-se chamar o modo como as pessoas utilizam a terra de Territorialidade, este inclui além de uma dimensão política, também relações econômicas e sociais, sendo esse processo o modo como as pessoas se organizam no espaço, dando significado ao lugar (HAESBAERT, 2004).

De modo simples Haesbaert (2004) apresenta alguns fins objetivos da territorialização, tais como: abrigo físico, fonte de recursos materiais ou meio de produção; identificação simbolização de grupos através de referências espaciais; disciplinarização ou controle através do espaço; construção e controle de conexões de rede. A essas experiências o autor ainda reforça que nessa pós-modernidade existe uma diversidade ou um conjunto de opções muito maior de territórios/territorialidades e muito mais opções para desfazer e refazer constantemente essa multiterritorialidade.

O que efetivamente importa é estar “livre para abrir e fechar” territórios, ter a capacidade - ou a escolha para entrar, sair, passar ou permanecer, de acordo com sua necessidade ou vontade. Isto significa termos o poder de tornarmos mais ou menos “controlados”, de fazer as articulações ou “conexões” próprias, dotando assim de significado ou de “expressões” próprias o nosso espaço (HAESBAERT, 2009, p. 361).

Assim, o que chamamos de territórios ou de processos de territorialização consegue alçar a condição de algo iminente do Ser, do homem e do mundo, um dos componentes indissociáveis da existência e que, por isso, nunca será “morto” pela desterritorialização – a não ser que desapareçamos, nós e a Terra da qual julgamos ser os protagonistas mestres (HAESBAERT 2009, p.371).

Nessa lógica cabe ver o território não como um instrumento de alienação, mas como um espaço que estimule cada vez mais a diversidade e as igualdades sociais. Eliminando desta forma a visão dicotômica entre espaço e tempo, sociedade e natureza, material e simbólico, entre outros. Mas buscando fazer uma relação destes com a importância da existência do homem frente à formação dos territórios.

Segundo Corrêa (2000, p.36) a organização espacial é a própria sociedade espacializada. Espaço esse em que desenvolvem-se os processos de territorialização e à medida que consiste em uma condição múltipla, e não existiria dissociado. Nesta perspectiva surge a necessidade de criar um paralelo às discussões da multiterritorialidade incluindo as formas de organização espacial desenvolvidas pelo homem conjuntamente ao desenvolvimento de práticas favoráveis, não só ao homem, mas ao meio em que vive e a uma sociedade que vive em exclusão ou reclusão socioespacial.

Gonçalves (2008, p.14), ressalta que “a complexidade da questão ambiental decorre do fato de ela se inscrever na interface da sociedade com o seu - outro, a natureza (...)”. Assim as questões ambientais ganham destaque conjuntamente às questões culturais que predominam principalmente nas populações tradicionais, em que desenvolvem atividades dentro das possibilidades a elas pré-existentes. Insere-se desta forma uma visão integradora de repensar a multiterritorialidade, à medida que a relação homem-meio torna-se de fundamental importância.

Nessa temática, cabe a palavra de ordem na relação homem natureza na contemporaneidade muito bem discutida por Leff (2006, p. 389) onde afirma que:

O futuro sustentável é uma construção social que surge a partir da tensão produtiva do encontro de seres e do diálogo de saberes, que questiona o império de uma racionalidade coisificadora e objetivadora, a mercantilização da natureza e a economização do mundo.

A esta proposta cabe também relacionar o social ao ambiental, à medida que as dinâmicas da natureza aqui representadas nas questões ambientais surgem como um foco de análise de como as sociedades irão contribuir com o meio ambiente à medida que passa a ser uma alternativa de organização espacial, em uma sociedade de multiterritórios.

Haesbaert (2009) reforça a necessidade de uma compreensão mais ampla incluindo o meio ambiente, em que analisa o social e o humano, onde justifica que:

Como estamos habituados, especialmente nas ciências sociais, a racionar dentro de escalas temporais relativamente restritas, não percebemos ou tendemos a negligenciar processos de maior amplitude, especialmente aqueles vinculados à dinâmica ambiental ou da “natureza”, capaz de colocar em xeque nosso alegado domínio (temporalmente circunscrito) sobre territórios que, julgamos, são uma produção unicamente social ou humana (HAESBAERT, 2009, p. 368).

Fica evidente segundo as perspectivas do autor que a organização territorial tende a ser afetada pelas questões ambientais. Ressaltando a importância de incluir a dinâmica da natureza no processo de des-territorialização.

Estamos, vivendo uma oportunidade histórica. Discutir a questão da participação, do diálogo de diferentes racionalidades implica superar preconceitos dramáticos (GONÇALVES, 2007, p.393). Desta forma o espaço representa, assim, a sobreposição dos resultados dos processos naturais e sociais que coexistem na contemporaneidade (MORAES, 1987, p.133). E toda essa dinâmica inserida no espaço geográfico irá resultar em múltiplos territórios.

Territorializar o meio ambiente é, ao mesmo tempo, enraizá-lo na natureza e na sociedade fornecendo os meios conceituais e metodológicos de fazer avançar o conhecimento ambiental nesse campo (BERTRAND, 2009, p.203). O autor identifica a Geografia como a ciência social dos territórios, a qual permite a compreensão geográfica do meio ambiente nas relações dos homens com o seu meio. Ciência esta que deve abraçar a totalidade da problemática ambiental em todas as escalas de espaço e tempo.

Os sistemas antrópicos criados na interação do homem com o meio são um conjunto dos processos materiais e imateriais, de origem social, econômica ou cultural, que transformam o espaço-natureza em um meio ambiente mais ou menos artificializado (BERTRAND, 2009, p. 208).

Assim, as sociedades organizam-se e definem a maneira de usos e as formas de organização no espaço geográfico o que irá configurar os seus territórios. Pois é na interação da sociedade com a natureza, e nesta última provedora de todos os recursos naturais, que se estabelecem as várias atividades e conseqüentemente as transformações do meio ambiente. Logo, nessas relações podem ser identificados os conflitos que configuram toda a formação do território.

Não há território sem terra, pois considerando a geografia dos territórios admite-se a priori e pelo menos implicitamente, que existe em alguma parte na análise geográfica uma dimensão natural, pois não há um território sem “terra”, ou seja, sem espaço, sem solo, sem ar, sem água, sem vida. É através da terra e do território que esta problemática da natureza torna-se problemática social, interna na geografia (BERTRAND, 2009, p.120).

É na constituição dos territórios pelas sociedades que se dão as apropriações dos meios de produção o que irá caracterizar o espaço geográfico, alterando a paisagem e criando identidades culturais e simbólicas. Assim os territórios constituem-se por espaços de interações intensas e dependentes entre si, onde ocorrem mais representativamente as identidades culturais, que renovam-se nas relações sociais.

Sendo o território esses espaços inseridos na paisagem e construídos nessa relação da sociedade e natureza e as formas como estas se organizam, tornam-se objetos de estudo das formas de organização dessas sociedades.

As sociedades deixam marcas no espaço geográfico através de suas representações culturais. Um grande exemplo são as comunidades de artesãs que existem no Baixo São Francisco Sergipano que criam seus territórios em meio as paisagens e os recursos disponíveis para a realização de suas atividades. Assim é conferido à análise da paisagem o estudo dessa dinâmica na perspectiva ambiental, social e cultural na organização do espaço geográfico. Pois para a permanência e a vida em sociedade é inevitável a ação antrópica que irá impulsionar a configuração da paisagem, esta relação que torna-se responsável pela formação de territórios.

Para entender o território Bertrand (2009, p. 204) apresenta alguns conceitos centrais que estão em conexão entre si (Figura 01):

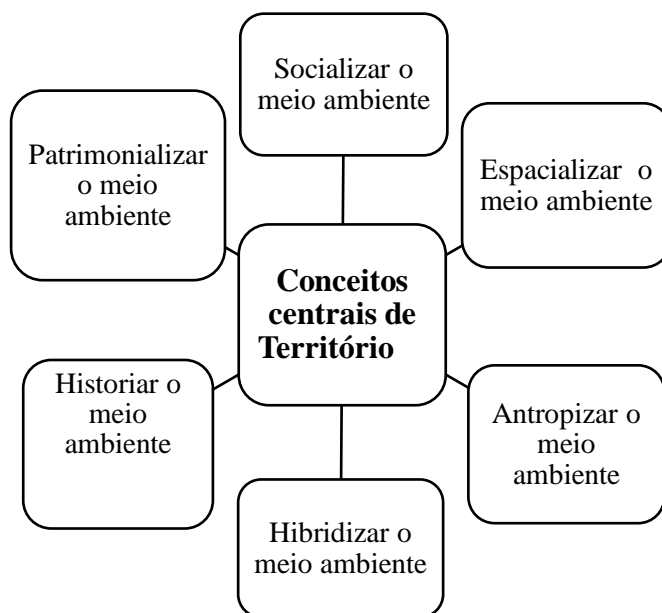


FIGURA 01 – Conceitos Centrais de Território
Fonte: Adaptado de Bertrand, 2009.

Socializar o meio ambiente para Bertrand (2009) implica em mudar a finalidade do sistema, ultrapassar a mesologia e a etologia para entrar na análise das estratégias sociais e dos modos de representação; Espacializar o meio ambiente é a abordagem espacial, qualitativa ou quantitativa, que tornou-se um conhecimento no sentido pleno, rico em implicações e prolongamentos sociais e naturais; Antropizar o meio ambiente são os meios ambientes naturais que estão artificializados e é preciso meios conceituais e metodológicos para apreender seu alcance; Híbrido o meio ambiente apresenta que a pesquisa ambiental deve se prestar urgentemente a um esclarecimento semântico que deve assegurar, com prioridade, o domínio de mecanismos conceituais tirados ainda muito frequentemente da analogia e do reducionismo; Historiar o meio ambiente é o tempo da história das sociedades que fizeram e desfizeram seu próprio meio ambiente; por fim Patrimonializar o meio ambiente é procurar uma explicação no passado, assegurar sua sobrevivência e projetar o meio ambiente em um futuro.

Nesta abordagem conceitual do território afirma-se mais uma vez que a prática geográfica está voltada diretamente ao meio ambiente, através de conceitos propostos no modelo GTP (Geossistema, Território, Paisagem) do geossistema como conceito naturalista, o território como um conceito socioeconômico e a paisagem na noção sociocultural. Desta forma torna-se possível fazer as análises do impacto das sociedades sobre a natureza.

Nesta perspectiva, busca-se estudar o território modificado pela sociedade que segundo Bertrand (2009), a natureza está irremediavelmente impactada pela sociedade. Surgem então novas dimensões geográficas ao meio ambiente, e a paisagem tornou-se sensível no campo do meio ambiente e das representações socioculturais.

Sendo a paisagem de caráter social é um conceito trabalhado na geografia, este conceito que traz grandes contribuições na análise do meio ambiente, o qual o homem está diretamente inserido. É na paisagem que os elementos naturais, sociais e culturais interagem entre si transformando o espaço geográfico, espaço este fundamental para a sobrevivência do homem.

A paisagem é definida como uma entidade global, a qual possibilita uma visão sistêmica, num processo de combinação dinâmica e instável dos mais variados elementos físicos, biológicos e antrópicos, constituindo um conjunto único e indissociável em constante estágio de transformação (BERTRAND, 1971).

É na interação entre os sistemas geoambientais que a paisagem torna-se possível para análise através de recortes espaciais, paisagem esta que permite a compreensão do território como uma porção da superfície de grande interação no espaço geográfico.

A paisagem é determinada então como a porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente, uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2009). Interagem juntos à paisagem além dos aspectos naturais as ações antrópicas que se estabelecem no meio ambiente, transformando-o e criando novos territórios.

Quando estes espaços estão consolidados na paisagem é fundamental na produção dos territórios, pois estes territórios constituem-se da interação dos elementos físicos e humanos. É no espaço geográfico que ocorre todo o processo de interação entre sociedade e natureza. E a paisagem representa esta relação na qual sofre as intervenções diretas das sociedades no meio ambiente.

A modernização das técnicas e a diversificação nos usos dos recursos naturais têm levado às formas de organização da sociedade no meio ambiente, que muitas vezes não têm respeitado os limites dos recursos na natureza. Gerando impactos muitas vezes irreversíveis, ocasionando danos não só social, mas também ambiental e econômico. Deste modo ressalta-se que a exploração dos recursos naturais tem levado a um processo de degradação acelerada

na natureza. De modo geral o que ocorre é uma grande extração de recursos e bens naturais impactando de forma agressiva o meio ambiente. Levado pelo alto grau de consumo, as sociedades buscam cada vez mais os recursos disponíveis na natureza.

É na paisagem que ocorrem transformações e consequentemente mudanças, necessitando de estudos que avaliem constantemente os ecossistemas que fazem parte da paisagem. Segundo Tricart (1977) o homem participa dos ecossistemas em que vive.

Deste modo a geografia passa a analisar a paisagem na sua complexidade através das interações sociais e da dinâmica da sociedade no meio ambiente. Não sendo permitido nessa análise separar o social do ambiental. A ação direta da sociedade no meio ambiente tem acelerado os processos de degradação, transformando a paisagem e artificializando cada vez mais seus territórios.

2.2 A Relação Sociedade e Natureza na Abordagem Geossistêmica

Tem-se observado que com o passar dos anos surgem cada vez mais desafios a serem superados pelas sociedades humanas. E nesta perspectiva a relação sociedade natureza está em conexão com a dimensão natural e social, sendo estas as dimensões analíticas que fundamentam a análise geográfica.

Entre as categorias estudadas no meio ambiente, a natureza, sociedade, espaço e tempo estão enraizados na abordagem geográfica. Especificamente no conceito de paisagem que analisa a natureza ou a cultura que decifram o espaço geográfico através da abordagem sistêmica e que tornou-se um caminho metodológico.

O método sistêmico é proveniente da biologia dos anos de 1920 e foi adotado na geografia com o objetivo de promover uma análise integrada da natureza. Pois a dimensão antrópica é uma característica central da geografia enquanto ciência da relação natureza e sociedade (SUERTEGARAY, 2009). Desta forma é necessário pensar o ambiente na interação do homem/sociedade e todos os elementos envolvidos no seu entorno.

Segundo Veyret (1999) a noção de meio ambiente para o geógrafo designa as relações de interdependência que existem entre homem, as sociedades e os componentes físicos, químicos, bióticos do meio e integra também seus aspectos econômicos e sociais.

Desta forma, fica evidente que a geografia está à frente dos desafios ambientais. Pois a Geografia desde sua origem sempre esteve no centro das relações entre sociedade e meio ambiente, tanto no âmbito dos lugares como nas escalas planetárias (CANALI, 2009, p.166). Logo, o estudo do homem e o meio, ou seja, da sociedade e da natureza torna-se cada vez mais objeto de estudo de pesquisadores geógrafos.

Os estudos ambientais destacam-se nas áreas e trabalhos de pesquisa tomando proporções interdisciplinares sendo realizados na interação da geografia com outras ciências sociais e ambientais. Todavia, inserir na abordagem ambiental a perspectiva humana – portanto social, econômica, política e cultural parece ser um desafio para toda uma geração de intelectuais cientistas e ambientalistas que encontram vinculados a tais discussões no presente, e certamente também no futuro próximo (MENDONÇA, 2009).

Nas principais mudanças que se apresentam o mundo contemporâneo, dentre elas a problemática ambiental, a sociedade está ligada diretamente. Com isso surge uma preocupação da degradação da natureza e da qualidade de vida do homem. Nesta perspectiva Mendonça (2009) defende uma geografia sócioambiental frente a uma abordagem que inter relaciona o homem ao meio ambiente.

Surge então um debate sobre a metodologia para produção do conhecimento geográfico quanto à análise de impacto de um sistema. Pois é o sentido de progresso que gera a necessidade de desenvolvimento de novas metodologias e teorias científicas e constantemente questiona o sentido do empírico e sua problematização pela ciência (VITTE, 2009).

Torna-se necessário pensar criticamente a epistemologia ambiental, pois é em meio ao que Leff (2010), chama de crise ambiental que o saber ambiental emerge da crise da civilização e da crise do mundo moderno. Pois para o citado autor a crise ambiental é antes de tudo uma crise do conhecimento. Leff (2006) defende o diálogo dos saberes como forma de resolver os problemas do meio ambiente, e promovendo maior atenção para a educação ambiental.

A lógica, a seriedade e a coerência na escolha de metodologias e técnicas condizentes com o objeto de estudo são atributos necessários para a obtenção de resultados concisos em estudos de caráter socioambiental (MENDONÇA, 2009).

É necessário, portanto, perceber a dimensão geográfica de todos os elementos envolvidos no meio ambiente além do espaço, tempo e a busca do equilíbrio entre as ações

humanas e o meio natural e social. Para isso é preciso uma visão integrada na avaliação da sociedade e dos elementos naturais abióticos e bióticos, e nesta perspectiva avaliar também as condições de clima, solo e sua interferência no meio ambiente. Como afirma Bertrand (2009) “se lidarmos não apenas com a complexidade, mas também com a diversidade das coisas, podemos afirmar que naquilo que estudamos há elementos de ordem natural, de ordem social e de ordem cultural”.

Na abordagem interdisciplinar, a geografia sempre buscou ligar os fenômenos humanos ao natural nos estudos do meio ambiente, mas é preciso considerar diversidade numa paisagem como objeto de estudo, considerando os fenômenos naturais, econômicos e os culturais. Para tanto, se faz necessário um estudo integrado para compreender o todo, e para esta análise o geossistema torna-se o procedimento metodológico apropriado para tal análise. A análise sistêmica do espaço geográfico é fundamental na geografia, a qual irá definir os conceitos e as categorias de análises abordadas na pesquisa.

A ação humana é levada em consideração no estudo dos geossistemas seja de maneira direta ou indireta como aspecto antrópico na paisagem. Para Bertrand e Berutchachveli (2009, p. 98) “a inserção do fator antrópico no geossistema se limita, então ao menos no estado atual da pesquisa, a levar em conta o impacto econômico e social sobre o complexo territorial natural”. Sendo o geossistema mais amplo que o ecossistema insere-se então o sistema geográfico natural.

O termo geossistema foi utilizado pela primeira vez por Sotchava em 1960. O geossistema serve para designar um “sistema geográfico natural homogêneo associado a um território” (BERTRAND; BERUTCHACHVELI, 2009).

O modelo geossistêmico bertrandiano é constituído de três subsistemas: o potencial ecológico (abiótico), a exploração biológica (biótico) e a ação antrópica. E a problemática ambiental, social e cultural torna-se compreensível na abordagem geográfica que é necessária na pesquisa sobre o meio ambiente através da análise sistêmica e fundamentada no estudo integrado da paisagem. E nesse estudo das interfaces sociedade e natureza se faz necessário o uso de métodos complexos e que leve em consideração a diversidade e as inter-relações existente na paisagem.

O modelo de sistema GTP (Geossistema, Território, Paisagem) é um sistema geográfico de exploração da interface sociedade/natureza. E segundo Bertrand (2009, p. 130) “não há geografia sem natureza, não há natureza sem geografia”. Assim as relações que se

estabelecem no meio ambiente, na interação mútua entre o homem e o meio ambiente caracterizam-se como um dos problemas geográficos. Deste modo, o estudo integrado dos ambientes geográficos tornou-se possível através da paisagem nos seus níveis espaciais das unidades que a constitui.

A necessidade de um paradigma de interface da sociedade com a natureza torna-se preocupação do geógrafo, pois a relação da geografia está mais humana, para tanto exige abordagem epistemológica e metodológica diferentes da geografia física clássica (BERTRAND, 2009). Nesta perspectiva a natureza e as ciências da natureza devem ser repensadas em termos sociais, econômicos e culturais. Cabendo à geografia lidar com as questões ambientais no espaço. As questões que concernem à problemática ambiental estão intrinsicamente ligadas às ciências naturais e às sociais interligando a geografia à sociedade, natureza, meio ambiente e a antropização.

Segundo Bertrand (2009, p. 140) “para o geógrafo, a natureza é primeiramente espaço, um espaço cada vez menos natural, cada vez mais territorializado, isto é, possuído, explorado, artificializado, degradado”. O antrópico nesta contextualização caracteriza-se pela ação direta ou indireta das sociedades sobre os territórios e que está em conexão direta na relação sociedade e natureza no espaço geográfico. Para Bertrand (2009) “o antrópico é a artificialização do geossistema”.

A análise da interface sociedade natureza pode ser bem representada aplicando o modelo GTP pois introduz a dimensão geográfica nos estudos do meio ambiente natural, privilegiando a dimensão histórica (impactos sociais) e a dimensão espacial (horizontal: geohorizontes); e vertical: geofáceis, geótopo) (BERTRAND, 2009).

O modelo geossistêmico de Bertrand (1971) através da identificação da menor unidade da paisagem que é o geótopo, relacionando os processos interativos e que influenciam diretamente na erosão de solos em taludes fluviais, bem como a interação sociedade natureza, torna-se essencial para compreender a dinâmica ambiental no Baixo São Francisco Sergipano.

Desta forma, as ações socioambientais no Baixo São Francisco Sergipano foram estudadas numa visão holística, da influência direta dos aspectos naturais e na interação social dos atores envolvidos direta e indiretamente na transformação da paisagem através do modelo de aplicação e avaliação proposto por Bertrand (1971).

2.3 Impactos Ambientais e Erosão dos Solos

Diante dos desequilíbrios causados na paisagem pela degradação ambiental surgem muitas pesquisas, dentre elas as voltadas para o estudo do impacto na erosão dos solos. Segundo Ross (1966, p. 324) “a pesquisa ambiental na abordagem geográfica é fundamental para atingir adequados diagnósticos a partir dos quais torna-se possível elaborar prognósticos.

Os impactos ocasionados nos solos estão diretamente relacionados à intervenção humana, pois o mau uso do solo e dos recursos que este proporciona, trará degradação que muitas vezes serão irreversíveis. Logo, a degradação desenfreada dos recursos naturais renováveis é um processo que deve ser analisado e contido com eficiência e rapidez (BELTRAME, 1994, p.11).

O estudo da degradação ambiental não deve ser realizado apenas sob o ponto de vista físico (CUNHA; GUERRA, 1966). Na realidade, para que o problema possa ser entendido de forma global, integrada e holística, deve-se levar em conta as relações existentes entre a degradação ambiental e a sociedade causadora dessa degradação, e segundo os autores é a própria sociedade que, ao mesmo tempo sofre os efeitos e procura resolver, recuperar e reconstruir as áreas degradadas. Desta forma observa-se que os problemas ambientais têm causas e consequências sociais.

De acordo com Cunha e Guerra (1966) na interação entre meio ambiente, geomorfologia e sociedade, a geomorfologia possui um papel integrador para explicar os processos de degradação e os impactos ocasionados pela erosão dos solos. Impactos esses que mesmo existindo de forma natural tendem a se ampliar de forma acelerada diante da intervenção do homem no meio ambiente. Assim a desconsideração das causas sociais, nos problemas ambientais, tem levado, na maioria das vezes, à adoção de medidas, que nem sempre conseguem resolver os problemas de degradação.

Os conhecimentos geomorfológicos podem ser colocados à disposição da sociedade para minimizar e mitigar os processos de erosão, onde quase sempre o homem tem um papel ativo na degradação dos solos (GUERRA; MARÇAL, 2006), pois é evidente que a geomorfologia tornou-se fundamental nos estudos relacionados ao impacto da erosão dos solos.

A relevância nos estudos sobre erosão dos solos se dão no entendimento dos processos que atuam e as consequências da erosão, pois é possível monitorar, avaliar, quantificar e após

a compreensão, buscar ou até mesmo criar medidas mitigadoras, pois o desenvolvimento de processos erosivos podem causar grandes impactos ambientais. Assim estudar a erosão dos solos implica em conhecer as causas, seus impactos e buscar adotar medidas que visem minimizar os processos erosivos nos solos.

A erosão causa, quase sempre, uma série de problemas ambientais, em nível local ou até mesmo em grandes áreas (GUERRA, 1994, p. 187). Desta forma a erosão não causa problemas apenas nas áreas onde ocorre, podendo tomar proporções bem maiores, como o assoreamento dos rios, além de outros impactos, decorrente da degradação que se estenderá por uma bacia hidrográfica.

É importante lembrar que a erosão é uma das causas que levam à degradação dos solos, mas várias outras causas podem ser levadas em consideração tais como queimadas, desmatamento, uso de defensivos químicos, etc. Nesta pesquisa, porém, será dada ênfase à erosão dos solos, devido a este ser o objeto de estudo e que acelera a degradação dos solos de várias formas em margens de rio.

Por isso não se pode confundir erosão dos solos com degradação dos solos. Para melhor compreender essa distinção entre erosão e degradação Guerra (1994, p. 188) esclarece que “muitas vezes, a erosão é confundida ou é colocada como sinônimo de degradação dos solos. Isso ocorre, talvez, por ser uma das principais causadoras da degradação”.

Segundo Guerra e Guerra (1997) “o termo erosão implica, para o geólogo e para o geógrafo, a realização de conjunto de ações que modelam a paisagem. O pedólogo e o agrônomo, porém, consideram-na apenas do ponto de vista da destruição dos solos”. A erosão dos solos é um processo que ocorre em três fases: uma que constitui a remoção de partículas, outra é o transporte desse material efetuado pelos agentes erosivos e a terceira fase corresponde a deposição do material transportado, e esta deposição só ocorre na ausência de energia suficiente para dar continuidade ao transporte (GUERRA, 1994, p. 165).

A erosão ocorre a partir do momento em que as forças que removem e transportam materiais excedem aquelas que tendem a resistir à remoção. Assim não é possível entender-se e aplicar os conhecimentos geomorfológicos sem que antes se conheça o básico de climatologia, pedologia, geologia e até mesmo sobre o uso da terra e os tipos de manejo do solo (ROSS; MAROZ, 1994, p.312).

O homem tem dado pouca atenção aos recursos naturais, dentre eles os solos. Estes que são muito importantes para manter os recursos necessários para a sociedade, além do

espaço para sua sobrevivência, e que vêm sofrendo impactos naturais e antrópicos. Diante de todas as questões já apresentadas e com o objetivo de alertar a sociedade quanto à importância dos solos no mundo inteiro, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou o ano de 2015 como o Ano Internacional dos Solos. Tema que gerou discussões no mundo inteiro.

Dentre os impactos que os solos têm sofrido destacam-se a degradação, perda de nutrientes, desertificação e a erosão. Pois o mau uso do solo pode trazer impactos irreversíveis. E quanto mais impactado, mais dispendioso e detalhado deverá ser o processo de técnicas para recuperação das áreas degradadas.

Desta forma, o homem precisa conscientizar-se da importância do solo para a sociedade, visto que é a partir desse recurso natural que outros são cultivados, tais como cultivos agrícolas, mineração, ocupação humana, etc. É necessário desta forma um equilíbrio entre homem e o uso dos recursos naturais, por isso torna-se relevante compreender como se processa a erosão dos solos, suas causas, consequências e a partir deste buscar medidas mitigadoras. Nesta pesquisa o enfoque é dado à erosão fluvial com destaque para erosão das margens de rio e a erosão pluvial com impacto em taludes através da erosão laminar que ocorre nas margens do Rio São Francisco e em taludes no Baixo São Francisco Sergipano.

A busca de técnicas para a recuperação dos solos impactados pela erosão pode ter custos muito elevados, além do que, ainda são necessários muitos estudos que venham esclarecer até que ponto cada um dos fatores que atuam nos processos erosivos podem ser controlados, evitando desta forma o agravamento da degradação ambiental que é a erosão dos solos. Assim, torna-se necessária a implantação de práticas de conservação que visem evitar ou minimizar os danos causados aos solos, e consequentemente uma redução nos custos para sua recuperação.

Guerra (1994, p. 191) apresenta a grande importância que tem os solos, afirmando que “os solos deveriam ser mais bem utilizados, porque, além de proporcionar a produção agrícola e animal, é um importante componente da biosfera, sendo que grande parte da vida vegetal e animal da superfície terrestre depende e se desenvolve nos solos”.

Assim devem-se buscar estratégias de conservação dos solos, buscando-se prevenir os solos da ação direta das chuvas, principalmente em solos desprovidos de cobertura vegetal. Desta forma o que se pretende é utilizar técnicas que visam aumentar a capacidade de infiltração da água no solo, favorecendo a estabilidade dos agregados e aumentando a

rugosidade das superfícies dos solos. A técnica a ser utilizada deve ser criada visando atender o objetivo maior que é conter a erosão.

De acordo com Cunha e Guerra, (1996) o conhecimento teórico-conceitual de um determinado problema, aliado ao próprio conhecimento empírico do pesquisador sobre uma área que esteja sofrendo degradação, pode ser suficiente na explicação do processo, no prognóstico da sua evolução, bem como no encaminhamento de medidas para sua resolução.

Logo a intervenção do homem pode alterar e acelerar os processos erosivos dos solos. Além da própria interação dos fatores que agem diretamente influenciando na taxa de erosão tais como chuva, a porosidade dos solos, declividade, cobertura vegetal, irão determinar uma maior ou menor taxa de erosão. De acordo com Guerra (1994) estes fatores que determinam as taxas de erosão são considerados os fatores controladores. Assim o conhecimento da forma como cada um desses fatores atua no processo erosivo é de fundamental importância diante da realização de uma pesquisa experimental sobre a erosão dos solos em margens de rio e nos taludes fluviais.

2.3.1 Erosão fluvial em margens de rio

Com a construção de barragens em vales fluviais, o rio sofre alterações no seu equilíbrio natural que pode se refletir em mudanças desde o reservatório até sua foz. Na porção mais jusante do reservatório o rio sofre significativas alterações, levadas pelo controle artificial das descargas líquidas e de sedimentos. Um dos processos que irá ocorrer nesse trecho do canal é a erosão das margens (CUNHA, 1994).

As grandes barragens, na medida em que estabelecem um novo regime hidrossedimentológico induzindo um novo comportamento morfodinâmico para o rio, podem ser consideradas potencialmente responsáveis primárias pela erosão acelerada nas margens jusante, sendo esta uma das formas que o rio encontra para buscar seu equilíbrio.

De acordo com o Dicionário geológico-geomorfológico “a erosão das margens é aquela que ocorre nas margens dos rios” (GUERRA; GUERRA, 1997), esse tipo de erosão aumenta à medida que aumenta a quantidade da água no canal fluvial.

Os estudos sobre erosão marginal assumem um papel significativo nas questões ambientais, pois as consequências dos impactos da erosão abrangem não apenas a dimensão

ambiental, mas envolvem diretamente questões sociais e econômicas. Neste sentido o Baixo São Francisco Sergipano, área de estudo nesta pesquisa, foi estudado devido à dinâmica dos processos erosivos atuantes nas margens do rio.

Técnicos e pesquisadores relataram que a grande cheia de 1979 intensificou a erosão na margem direita do baixo curso do rio São Francisco, ano em que a vazão do rio chegou atingir mais de 10.000 m³/s o que equivale a 10x mais que a vazão atual. Os primeiros registros de erosão fluvial no Baixo São Francisco remontam ao período de 1962-2001 época em que o rio avançou cerca de 750 m destruindo diques de proteção contra as cheias do Perímetro Irrigado Cotinguiba-Pindoba (FONTES, 2002).

Logo, os primeiros registros sobre os problemas causados pela erosão marginal no baixo curso do Rio São Francisco só chamaram efetivamente a atenção quando a erosão marginal começou a ameaçar os diques de proteção contra enchentes dos perímetros irrigados implantados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco (CODEVASF) nas antigas lagoas marginais do Cotinguiba-Pindoba e do Betume (FONTES, 2002). Nesse período a CODEVASF começa a desenvolver obras de contenção de erosão nas margens dos perímetros irrigados.

O impacto da erosão fluvial no baixo curso do Rio São Francisco vem sendo estudado por muitos pesquisadores (CASADO, 2000; FONTES, 2002; HOLANDA *et. al.* 2000; 2001; 2005; 2008; BANDEIRA, 2005; ARAUJO FILHO, 2012; MACHADO, 2014; ROCHA, 2014) e tem gerado dados de grande utilidade sobre os fatores que atuam no processo de erosão.

A erosão marginal, ou erosão das margens de um rio, como componente da erosão fluvial, é aquela que destrói as margens dos rios, desempenhando importante papel no aumento da largura do canal. (CASADO, *et. al.*, 2000). Logo, a ocorrência desses processos é devida à remoção dos materiais do barranco pela ação fluvial (corrente, onda) ou pela precipitação pluvial (FERNANDEZ, 1990).

Considerando que os processos erosivos da margem de um rio ocorrem constantemente, tornam-se necessários estudos para o monitoramento e quantificação no sentido de se buscar medidas mitigadoras para seu controle. Deve-se levar em consideração ao estudar erosão das margens de um rio as condições pedológicas, hidrológicas e climatológicas. Segundo Casado (2000) a quantificação do processo erosivo constitui uma ferramenta indispensável à realização de um diagnóstico de problemas ambientais.

A erosão das margens dos cursos d'água é uma das manifestações mais visíveis do complexo reagente da morfologia do canal em busca de um novo equilíbrio dinâmico do sistema fluvial que promove a escavação na base da margem côncava, onde a velocidade é maior, e deposição na parte convexa (CHRISTOFOLETTI, 1981; GUERRA; CUNHA, 2003).

O Baixo São Francisco apresenta três classes de margens: margens em erosão, margens em acreção e margens estáveis. A primeira se caracteriza por processos erosivos acelerados, a segunda é constituída por sedimentos fluviais, litorâneos ou afloramentos de rochas sedimentares da Bacia Sergipe-Alagoas e a terceira aquelas cuja taxa de deposição supera a de erosão (FONTES, 2002; HOLANDA, *et. al.* 2007).

Os efeitos geomorfológicos do sistema fluvial e as alterações hidrosedimentológicas do canal são visíveis no setor jusante da barragem. “A dinâmica fluvial é alterada pela retenção de sedimentos na barragem e pelo controle da vazão e das enchentes” (FONTES, 2002, p. 76). O autor afirma ainda que as mudanças que ocorrem no regime das águas neste setor acarretam significativos efeitos nos processos do canal, acentuando-se os processos erosivos do leito e nas margens, em consequência do aumento da energia da corrente pela redução da carga sólida anteriormente transportada, e que passa a ficar retida nos reservatórios, pois nos afluentes das barragens não somente a descarga líquida é afetada, mas também o transporte de sedimentos.

Todo o ajuste no canal do rio irá resultar em mudanças geomorfológicas, visto que as características hidrológicas do rio comandam o funcionamento da dinâmica do canal, ocasionado não só erosão das margens, mas também o entalhe do canal. Com a erosão das margens ocorrerá o assoreamento do rio, pois o material erodido será transportado pelas correntes mais intensas nas curvas dos meandros do talvegue do rio para os bancos de sedimentos no meio de sua calha (OLIVEIRA, 2003).

“A geometria do canal afeta muitas das forças causadoras da erosão. A ação das principais linhas de fluxo do canal fluvial, que acompanha as linhas de talvegue, é muito importante na distribuição espacial da erosão marginal” (FONTES, 2002, p.153).

Os sedimentos retidos no fundo dos reservatórios podem reduzir a quantidade que chega naturalmente à foz do rio represado. Por outro lado, a retomada erosiva, que se verifica no rio principal, pode vir a assorear, em um primeiro momento a desembocadura. O Baixo curso do rio São Francisco é um exemplo desse processo resultando em bancos de areia no seu percurso até a foz, que o caracteriza como anastomosado por apresentar padrões de canais

entrelaçados, que fluem entre as acumulações de areia no seu leito, em constantes bifurcações e reencontros.

Fontes (2002) apresenta os principais efeitos nos processos geomorfológicos: a) aumento do poder erosivo, b) entalhamento do leito do rio, c) mudanças no perfil longitudinal, d) mudanças no perfil transversal, e) processo de erosão das margens, f) mudanças no padrão geométrico do canal, g) alteração na sedimentação e nos sedimentos, h) mudanças na forma do leito, i) modificações na dinâmica da foz.

Desta forma percebe-se que o recuo das margens é resultado de um fenômeno complexo, que envolve processos diretamente relacionados à dinâmica do canal e ao comportamento geotécnico da margem fluvial (HOLANDA, *et. al.*, 2008). Os autores ainda afirmam que a erosão da margem direita do baixo curso do rio São Francisco é uma das causas mais visíveis das alterações na dinâmica do sistema fluvial e se destaca pela sua amplitude, ampla distribuição e consequências socioeconômicas.

A verticalização das margens tem sido ocasionada pelo fluxo de água em contato com o talude marginal, e o embate das ondas na sua base levando ao solapamento, desencadeando movimentos de massa de solo na forma de grandes blocos. Assim, os mecanismos mais atuantes no processo de erosão e desestabilização dos taludes marginais foram a inversão do fluxo hidráulico na direção do solo para o rio (erosão regressiva), e o choque das ondas, ambos atuando na base dos taludes (HOLANDA, *et. al.*, 2007).

Segundo Bandeira *et. al.* (2012) o rebaixamento do nível de águas no Baixo São Francisco contribui para a instabilidade dos taludes, pois a direção do lençol freático aliado ao choque de ondas na base aceleram o processo erosivo. Além da composição do solo da margem do rio e correspondentes propriedades mecânicas.

Uma das principais causas da erosão no Baixo Curso do Rio São Francisco é o fluxo e refluxo entre o aquífero e a calha do rio durante a oscilação horária dos níveis de água do rio, determinada pelo volume de água liberado pela UHE Xingó, que varia de acordo com a demanda para a geração de energia (HOLANDA *et. al.*, 2007). As ondas provocam o solapamento da base, ocasionando o desmoronamento do material da margem do rio das suas partes superiores, e nesse processo os barrancos com as maiores alturas tornam-se os mais instáveis.

No estágio de subida das águas, desenvolve-se um gradiente hidráulico no sentido do canal fluvial para a margem do rio, e no estágio de descida, o gradiente de energia inverte o

seu sentido e a água move-se em direção ao canal do rio, diminuindo a estabilidade do talude marginal (BANDEIRA, *et. al.* 2012, p.2).

O solapamento da base constitui o rompimento inicial e se dá pela ação direta da corrente fluvial e da ação das ondas na base do talude, que gera a abertura de fendas, produzindo blocos, que caem barranco abaixo. Esse fenômeno é característico de taludes fluviais do Baixo São Francisco, que a exemplo no ano de 2012 com uma vazão média mensal de 2.200 m³/s apresentou visível o processo de erosão acelerada na margem, por solapamento. (Figura 02 A e B). Em tempo, a altura do talude favorece o desencadeamento e a frequência de movimento de massas, controlada pela ação gravitacional.

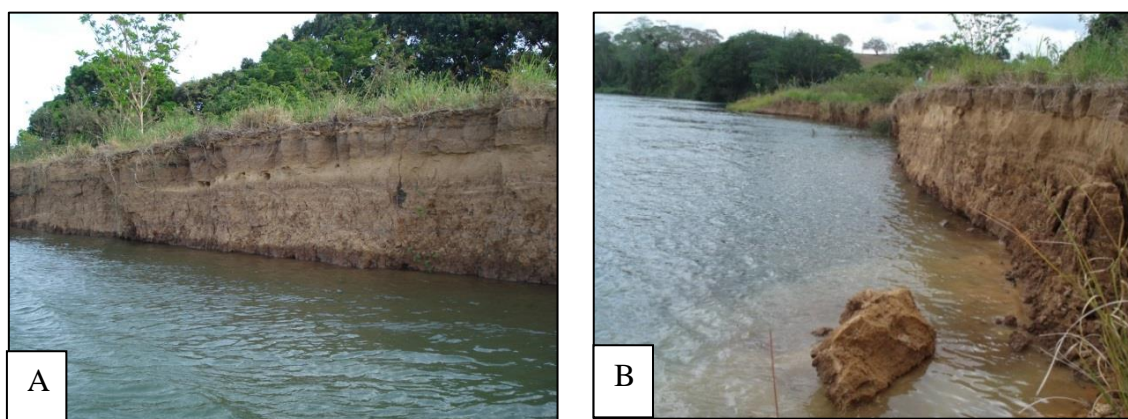


FIGURA 02 – Erosão por solapamento da base no talude do Baixo São Francisco Sergipano (A), desmoronamento em blocos de solos causados pelo solapamento (B).

Fonte: Autora, 2012.

As características do talude irão influenciar na magnitude da erosão ocorrendo uma perda maior de solo em alguns trechos em detrimento de outros, mesmo que submetidos às mesmas condições ambientais. Condição essa observada por Santos (2002) no período de monitoramento entre 1999 a 2001 na margem direita do baixo curso do rio São Francisco, onde o recuo da margem se deu de forma diferenciada em três trechos monitorados. No trecho 01 o autor registra que o recuo correspondeu a 9,47 m, no trecho 2 a perda foi de 38,66 m, e no trecho 3 foi bem menor de 3,7 m, o que justifica que diante da atuação dos mesmos fatores a margem comportou-se de forma diferente.

Outra questão que deve-se levar em consideração é o período de monitoramento pois a cada ano os fatores que atuam na erosão da margem podem intervir com maior ou menor intensidade, exemplo da vazão do rio, a velocidade do fluxo, a aproximação do talvegue à margem, entre outros.

Através de estudos e levantamentos realizados em campo por Fontes (2002) foram identificados 57 focos de erosão marginal na faixa compreendida entre Propriá e a foz do Rio São Francisco (em uma extensão de 75 km na margem direita e 79 km na esquerda) a maior parte deles na calha principal e alguns nas margens de ilha. Seus resultados confirmaram que a maior quantidade dos focos de erosão e inclusive os de maiores intensidades está situada na margem sergipana, o que corresponde a uma extensão de 29,9 km correspondente a 39,9% da margem direita sob processos erosivos. O autor conclui nos seus resultados que as margens em erosão ativa no Baixo São Francisco apresentam um perfil íngreme, se constituindo em barrancos/taludes marginais verticais, com ou sem uma pequena faixa de praia fluvial na base e que a distribuição espacial dos focos de erosão mostra uma relação direta com a geometria do talvegue principal do rio. Além das margens serem constituídas por litologias não coesivas, essencialmente arenosas, e altamente susceptíveis a erosão, a depender da associação com outros fatores e a ocorrência simultânea de processos erosivos.

Através de monitoramento realizado em um mesmo trecho em anos diferentes constatou-se uma diferença nos valores obtidos do recuo da margem, pois no período de 1999 a 2000 Casado (2000), registrou uma perda de solo no volume de 211,79 m³/mês; no período de 1999 a 2001, um ano após Santos (2002), encontrou nos seus resultados uma perda de 290,37 m³/mês e cinco anos após no mesmo trecho Bandeira (2005), apresenta uma queda brusca no volume de solo perdido de 15,03 m³/mês.

Os termos corrosão, desmatamento e escorregamento rotacional são utilizados para descrever os movimentos de massa que envolvem os processos de erosão marginal e estão relacionados com a lenta remoção, grão a grão, dos sedimentos que compõem o barranco (FERNANDEZ, 1995).

A erosão marginal depende da magnitude dos eventos climáticos, principalmente a intensidade dos ventos e dos eventos hidrológicos, como variação da vazão, da cota e velocidade do fluxo. Estudos realizados por Holanda *et. al.* (2007) mostraram que o movimento de massa predominante foi à corrosão lateral, realizado principalmente pelo solapamento da base do talude nas margens côncavas do rio. Em tempo, a corrosão é definida como o desgaste pelo atrito mecânico, geralmente através do impacto de partículas carregadas pela água. Já a Corrosão engloba todo e qualquer processo químico que se realiza como reação entre a água e as rochas que com ela estão em contato (BARBOSA *et. al.*, 2014).

Deve-se levar em consideração que as consequências ambientais no Baixo São Francisco estão também relacionadas ao desnudamento excessivo das margens, que somado

ao tipo de solo pouco coeso e ao clima semiárido apresentará baixa instabilidade já que a falta da cobertura vegetal proporcionará elevado grau de desagregação dos solos nessa região, tornando-os mais susceptíveis à erosão.

Segundo Fontes (2002), as chuvas produzidas nesta parte da bacia hidrográfica do rio São Francisco não alteram substancialmente nem a vazão, nem o nível do rio, e não são responsáveis diretos pela erosão das margens.

De acordo com Rocha (2014), através dos resultados de estudos realizados na margem direita do Baixo São Francisco, os agentes climáticos, dentre eles as chuvas que caem na região são de baixa intensidade e, quando associadas a solos com boa capacidade de drenagem, dificultam a ocorrência de erosão. Logo, a magnitude e variação do processo erosivo da área estudada pelo autor estiveram relacionada à velocidade do fluxo e às fracas propriedades de engenharia do material que compõe sua margem. Os ventos atuam de forma indireta na promoção da erosão marginal. Eles são responsáveis pela formação de ondas e estas, sim, atuam diretamente na remoção de partículas da margem. O que pode acentuar os impactos dos ventos na promoção da erosão em taludes é se este ocorrer em taludes desprovidos de cobertura vegetal.

Fontes (2002) ressalta que a erosão marginal faz parte da dinâmica natural do rio, mesmo anterior a 1993 com a UHE Xingó. Vale destacar que não foram observadas cheias no baixo curso do rio São Francisco desde 1992. Antes da construção da barragem as vazões estavam diretamente condicionadas ao regime pluviométrico das sub bacias do alto e médio São Francisco; onde a maior parte da precipitação ocorre no verão e o inverno corresponde ao período de estiagem.

A complexidade dos sistemas fluviais e suas respostas às mudanças ambientais naturais e/ou antrópicas têm incentivado o desenvolvimento de métodos simples e precisos de avaliação ambiental. Para Cunha e Guerra (1996, p. 367) “o monitoramento é de fundamental importância, em qualquer ramo do saber que trate de questões experimentais, em especial aquelas relacionadas com o meio ambiente”.

Através de monitoramento é possível quantificar os processos erosivos. E a contribuição é dada na mensuração das formas de degradação ambiental, que pode ser realizada de muitas formas entre elas através da implantação de estações experimentais. Para Cunha e Guerra (1996, p. 369) “a mensuração possui um papel importante nos estudos de

degradação, pois possibilita conhecer melhor o problema, e através da quantificação sistemática chegar à modelagem dos processos de degradação”.

As formas mais utilizadas em outros países para mensurar a degradação dos solos ocasionados pela erosão são as parcelas (MORGAN, 1986; GUERRA, 1995). Uma das formas de monitoramento de erosão nas margens de rio é realizada através do uso de pinos de erosão, se constituindo no método mais popular entre os pesquisadores que trabalham com monitoramento de erosão das margens de rios (WOLMAN, 1959).

Para Cunha (2011) as medições nas margens dos rios, ao longo do tempo, podem avaliar as mudanças laterais nos canais e as taxas de erosão. Com o avanço da erosão, os pinos vão ficando expostos, sendo necessárias frequentes medições, em curtos intervalos (semanal) mensal, completados por leituras após os maiores eventos, visando a leitura do material perdido (distância entre a ponta do pino e a margem) parte exposta do pino (CUNHA, 2011, p. 180).

Segundo Leopold (1994) do ponto de vista da geomorfologia fluvial, parece haver três ações ou eventos principais que resultam na erosão do curso d'água: 1) o alargamento do canal causado pelo aumento do fluxo d'água e/ou descarga de sedimentos; 2) o aprofundamento do fundo do canal causado pelo aumento do fluxo e/ou mudanças na encosta; 3) mudança na curvatura que corresponde à perda de solo na margem, que ocorre durante modificações na configuração da forma ou sinuosidade do curso d'água.

Para Cunha (1994) a área de seção transversal (ou forma do canal) varia com o maior ou menor volume de água. Por outro lado, esta área resulta do produto da profundidade média pela largura total. Como esses dois elementos variam em função da vazão e da morfologia do canal, afetam, em consequência, os resultados da área da seção transversal.

As mudanças no fluxo de um rio alteram alguns processos que são dependentes entre si, que são a erosão, o transporte e a deposição de sedimentos no leito fluvial, pois é a velocidade do fluxo que irá determinar esses processos. Para Cunha (1994) o desequilíbrio de um rio pode alterar-se, como resultado da atividade humana em um trecho do rio, por exemplo, a substituição da vegetação natural por terras cultivadas, a ampliação dos processos de urbanização e a construção de reservatórios.

2.4 Dinâmica da Erosão Superficial e os Fatores Controladores

A erosão dos solos constitui a forma de degradação do território mais generalizada, afetando tanto as terras agrícolas como aquelas dedicadas a outros usos (MAFRA, 2005, p.319). A autora afirma que a erosão não se limita à quantidade de solo perdido e sim ao fato de essas perdas terem reflexos na degradação física e na perda de fertilidade, apontando a erosão laminar como o exemplo mais evidente desse contexto.

A erosão hídrica se manifesta de muitas maneiras e as características mais importantes dos diferentes tipos de erosão hídricas são: o efeito do impacto da gota da chuva diretamente no solo, ou seja, erosão por salpicamento; a erosão laminar que é a remoção de solo de uma área inclinada em camadas finas; o ravinamento que é a remoção de solo pela água por canais visíveis ou canaletas muito pequenas, mais bem definidas, onde há concentração de fluxo sobre o solo, e a voçoroca que são canais d'água intermitentes, maiores do que as ravinas (ARAUJO *et. al.* 2010).

Para Beltrame (1994, p. 14) “o clima é um fator natural que, direta ou indiretamente, influencia na degradação dos recursos naturais renováveis”. Na degradação do recurso solo, a chuva intensa exerce influência expressiva. Para a referida autora o efeito erosivo das gotas de chuva dá-se com a desagregação do solo, o transporte dos sedimentos através do salpicamento e o escoamento superficial das partículas de solo, caracterizando assim a erosão. Logo, a ação da água da chuva na camada superficial do solo pode ocasionar o efeito do salpicamento, erosão laminar, o ravinamento, voçoroca, erosão do canal fluvial, ação em ondas e a formação de dutos e solapamento.

Para compreender os processos erosivos é importante entender que a erosividade (causada pela chuva), a erodibilidade (causada por propriedades do solo), a declividade do terreno e o tipo de vegetação, podem retardar ou acelerar a erosão dos solos (GUERRA, 1994). Por isso se faz necessário um conhecimento prévio de cada um desses fatores antes de realizar um trabalho de pesquisa em campo.

A erosão superficial ou erosão dos solos escolhidos como objeto a ser estudado em campo nesta pesquisa, é a remoção das camadas superficiais do solo pelas ações do vento e da água (ARAUJO, *et. al.*, 2010). E as superfícies do solo expostas, ou não protegidas, são as mais vulneráveis a todas as formas de erosão superficial.

A erosão laminar, que é uma das formas de erosão superficial, está condicionada a vários fatores relacionados entre si e com as condições naturais do solo. E para compreender os processos que ocasionam a erosão laminar, Salomão (2005) destaca que a ação das chuvas, presença da cobertura vegetal, a influência da topografia do terreno e os tipos de solo são fatores primordiais no entendimento da erosão superficial.

Quando a quantidade de chuva é maior que a capacidade de infiltração pode ocorrer um escoamento em lençol, ocasionando a erosão laminar. Nesse caso, a capacidade de erosão irá depender da maior turbulência do escoamento. Segundo Guerra e Guerra (1997) na erosão laminar não há escoamento de fluxo em ravinas. O escoamento em lençol ou laminar é um processo erosivo efetivo (MORGAN, 1977).

“O ciclo hidrológico é o ponto de partida do processo erosivo” (GUERRA, 1994, p. 166). A ação das águas da chuva atua diretamente nos processos erosivos e com mais intensidade em áreas que estejam sem cobertura vegetal, pois a força das gotas de chuva e até mesmo o gotejamento a partir de folhas em áreas com a presença de vegetação irá ocasionar a erosão por salpicamento.

A água neste caso constitui-se em um fator atuante no processo erosivo, agindo de várias formas. Mas essa erosão vai depender do que Guerra (1994) considera processos controladores que são a erosividade da chuva, as propriedades dos solos, a cobertura vegetal e as características da área, dentre elas a declividade do terreno. Essa erosão pode variar e apresentar-se de diferentes formas a depender do período seco ou chuvoso.

A relação entre chuva e erosão tem confirmado em estudos que este é um parâmetro utilizado para mensurar perda de solo, pois a quantidade de chuvas em uma área pode proporcionar maior escoamento superficial ou pode ocorrer infiltração da água no solo, que está diretamente associado à eficiência da cobertura vegetal e das propriedades do solo. E no caso do escoamento superficial, como consequência ocorrerá o transporte e perda de sedimentos.

Segundo Guerra (1994, p. 165) os processos resultantes da erosão pluvial estão intimamente relacionados aos vários caminhos tomados pela água da chuva na sua paisagem através da cobertura vegetal, e ao seu movimento na superfície do solo. Esse tipo de erosão corresponde ao trabalho executado pelas águas da chuva na superfície do relevo (GUERRA; GUERRA, 1997).

Salomão (2005) apresenta dois processos que ocorrem inicialmente na erosão dos solos, os primeiros são evidenciados pela ação do impacto das gotas de chuva no solo, e quando não há cobertura vegetal, promove à desagregação das partículas, o segundo é ocasionado pelo escoamento superficial das águas e consequentemente o transporte de sedimentos. Esse escoamento superficial é ainda mais intenso a depender da baixa infiltração das águas no solo, seja pela compactação do solo ou até mesmo pela intensidade do evento chuvoso.

A intensidade das chuvas tem sido avaliada por pesquisadores, que têm buscado um valor crítico, a partir do qual começa a haver erosão dos solos (GUERRA, 1994, p.153). Então, levando em consideração a complexidade no estudo de erosão dos solos, vale lembrar que a chuva é apenas um dos fatores que vão influenciar no processo através da remoção de partículas dos solos.

A água pode tomar vários caminhos. Primeiro causa o salpicamento, depois se infiltra, aumentando o teor de umidade, podendo saturar o solo, e finalmente, pode-se armazenar nas irregularidades do solo, formando as poças que eventualmente poderão dar início ao escoamento superficial (GUERRA, 1999). Por isso é de fundamental importância compreender bem cada fator que atua e as possíveis consequências, pois só estudando a interação entre eles é que será possível entender como ocorre a erosão.

A ação erosiva do impacto das gotas da chuva depende da distribuição pluviométrica no tempo e no espaço, além da intensidade com que ocorre. Nesse caso, é a erosividade que irá expressar a capacidade da chuva promover a erosão superficial ou laminar. Outro fator que irá influenciar diretamente na erosão dos solos, além da chuva e a ausência da cobertura vegetal, é a declividade, pois estes irão favorecer o escoamento superficial. Deste modo, o solo constitui o principal fator natural relacionado à erosão, o que irá depender das propriedades físicas, químicas, biológicas e mineralógicas para a intensidade dos processos erosivos.

As gotas de chuva atuam incisivamente no solo causando erosão, e com maior intensidade em solos desprovidos de cobertura vegetal. Segundo Guerra (1994) essa erosão vai depender da intensidade da chuva e da energia cinética das gotas sobre o solo. Logo, na realização de monitoramento deve-se observar a variação das chuvas no tempo e no espaço através de dados pluviométricos da área estudada. De acordo com Araújo *et. al.* (2010, p. 83) “a erosão pluvial é controlada por cinco fatores básicos: clima, tipo de solo, topografia, cobertura vegetal e uso e manejo do solo”.

Guerra (1994) apresenta duas formas de erosão acelerada que são ravinas e voçorocas. Segundo o autor essas ocorrem com mais frequência em solos coesos e mais resistentes à ação do salpicamento em virtude da força da gota da chuva. Inicialmente o processo de formação de ravinas ocorre onde há chuva concentrada e os solos encontram-se desprovidos de cobertura vegetal. O autor descreve que quando a velocidade do fluxo de água superficial no solo aumenta, torna-se turbulento podendo formar ravinas. Por conseguinte uma ravina pode evoluir para um canal de água permanente, desembocando em um rio onde pode-se evoluir para uma voçoroca, pois é o processo mais avançado de uma ravina que pode dar início a uma erosão mais acelerada ocasionando uma voçoroca.

A formação de ravinas no solo aumenta a capacidade de fluxo de água e também a remoção e transporte de sedimentos. Esse processo ocorre com maior evidência em eventos de maiores precipitações. Já as voçorocas são características erosivas relativamente permanentes nas encostas, possuindo paredes íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante eventos chuvosos (GUERRA, 1994, p. 183). A formação de uma voçoroca pode ocorrer através do escoamento superficial, pela evolução de uma ravina, como já foi citado anteriormente, ou também pelo escoamento subsuperficial.

Araújo *et. al.* (2010, p.24) define ravinas como sendo, sulcos profundos que ainda podem ser remediados, já as voçorocas são ravinas mais profundas que podem ser cortados por fluxos de água maiores e difíceis ou impossíveis de serem remediados.

A presença de uma voçoroca está associada à uma erosão acelerada tornando-se instável a área onde esta erosão ocorre. Os autores apontam que a retirada da cobertura vegetal é um fator preponderante para a exposição do solo e somado às chuvas na área e o tipo de solo dar-se-á início aos processos erosivos (GOUDIE, 1985; MORGAN, 1986; GUERRA e ALMEIDA, 1993; GUERRA, 1994;).

Para prever a erosão de solos, se faz necessário além de estudar e compreender os fatores atuantes, também realizar trabalhos de campo e laboratório que mostrem de forma mais significativa à realidade estudada.

2.4.1 Atributos do solo e erosão

As propriedades dos solos irão determinar uma maior ou menor susceptibilidade a erosão, quando influenciado pelos impactos. Para Morgan (1986), a erodibilidade que ocorre a

depende das propriedades do solo é a resistência do solo em ser removido e transportado. Por isso é muito importante a estabilidade dos agregados que irá influenciar na variação da taxa de solo removido diante de um processo erosivo. Segundo Beltrame (1994) a erodibilidade dos solos também é considerada a suscetibilidade que os solos apresentam de erodirem em diferentes taxas, devido às diferenças em suas propriedades e seus usos.

Dentre as propriedades físicas do solo, Salomão (2005) apresenta a textura, estrutura, permeabilidade e densidade como as principais, e que influenciam a erosão laminar nos solos. Logo a textura irá influenciar na capacidade de infiltração e de absorção da água da chuva, interferindo no potencial de enxurradas em relação a maior ou menor coesão entre as partículas. Assim os solos mais arenosos têm maior porosidade e alto poder de infiltração evitando o escoamento, porém Salomão (2005) adverte que os solos de textura arenosa apresentam maior facilidade de remoção pela baixa proporção de partículas argilosas. De acordo com Guerra (1994) as propriedades do solo são importantes fatores controladores do processo erosivo, dentre eles a textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, estabilidade dos agregados e o pH do solo.

Quanto à textura do solo Poesen (1981) afirma que as areias apresentam os maiores índices de erodibilidade, em comparação com o silte e a argila. Os solos com mais areia são mais susceptíveis à erosão, seguido do silte, porém a argila de acordo com Guerra (1994), por um lado pode, por vezes, dificultar a infiltração das águas, embora sejam mais difíceis de serem removidas. Logo, a granulometria dos solos deve estar relacionada com outros fatores, dentre eles o teor de matéria orgânica que atuará na agregação dos solos (GUERRA, 1994).

Para Guerra (1994, p. 160) mesmo em solos com alto teor de areia, alta permeabilidade, alta porosidade e supostamente elevada capacidade de infiltração, a presença de sedimentos finos associados com baixo teor de matéria orgânica, podem produzir crosta na superfície do solo de baixa porosidade, que provocam o aumento das taxas de escoamento superficial.

Igualmente à textura, a estrutura que corresponde ao modo como se arranjam as partículas do solo influi além da capacidade de infiltração, também no arraste das partículas de solo, e junto a esses dois fatores a permeabilidade irá determinar a maior ou menor infiltração a depender da porosidade do solo.

Para Salomão (2005) a densidade do solo é apresentada como a relação entre sua massa total e volume, e é inversamente proporcional à porosidade e permeabilidade. O autor

afirma ainda que com a compactação do solo e a diminuição dos macroporos há uma tendência de maior susceptibilidade à erosão em solos que apresente essas características.

Além dos fatores apresentados, a presença de cobertura vegetal e as propriedades físicas do solo, como textura, têm influência no processo de erosão dos solos. Pois tanto a vegetação protege o solo, quanto infere maior eficiência na retenção de água, já a textura funciona numa maior ou menor capacidade de infiltração de água no solo.

De acordo com Guerra (1994) a matéria orgânica no solo depende da flora e da fauna que vive sobre ou dentro do solo, e uma parte considerável é formada por raízes e microorganismos além dos minerais. Os solos com menos de 2,0% de matéria orgânica possuem baixa estabilidade de agregados (DE PLOEY; PAELSEN, 1985). Logo, é importante que os solos constituam-se de uma boa percentagem de matéria orgânica tornando-os mais resistentes a erosão.

A redução no teor de matéria orgânica nos solos pode ter efeitos danosos, tanto em termo de aceleração dos processos erosivos, como em relação à fertilidade natural, agravando, consequentemente, a sua degradação (GUERRA, 1994, p. 189). A matéria orgânica incorporada no solo permite maior agregação e coesão entre partículas, tornando o solo mais estável em presença de água, com maior macroporosidade, e com maior poder de retenção de água (SALOMÃO, 2005, p. 235).

Guerra (1994) acrescenta que o aumento do teor de matéria orgânica e uma maior capacidade de infiltração de água no solo, consequentemente aumenta o teor de agregados, tornando os solos mais resistentes. Desta forma o teor de matéria orgânica funcionará também na agregação das partículas de solo, e agindo da seguinte forma,

A alta estabilidade de agregados no solo reduz sua erodibilidade, pois possibilita a existência de elevado índice de porosidade, aumentando a taxa de infiltração e reduzindo o escoamento superficial. A alta estabilidade dos agregados também proporciona maior resistência ao impacto das gotas de chuva, diminuindo, assim, a erosão por salpicamento (GUERRA, 1994, p. 159).

Como a erodibilidade de um solo corresponde à sua susceptibilidade á erosão, Araújo *et. al.* (2010) afirma que o teor de matéria orgânica diminui a erodibilidade do solo.

Outro fator controlador no processo erosivo é a densidade aparente dos solos, segundo Guerra (1994) este se refere à maior ou menor compactação dos solos e também pode-se relacionar com o teor de matéria orgânica, pois a compactação pode ser maior em solos que

apresentem baixos teores de matéria orgânica. Dentre as várias ações que têm contribuído para uma maior compactação dos solos estão o mal uso para a agricultura, pelo uso excessivo de máquinas, ocorrendo a redução da capacidade de infiltração, pois a porosidade do solo diminui.

2.4.2 O papel da cobertura vegetal no controle da erosão

A vegetação no solo é muito importante, visto que esta cobertura irá reduzir os efeitos dos fatores erosivos naturais, pois além de impedir o impacto das gotas das chuvas diretamente no solo, a vegetação também irá favorecer a formação de humos dando uma melhor estabilidade dos agregados nos solos.

Para Araújo *et. al.* (2010, p. 85) “a vegetação tem uma função extremamente importante no controle da erosão pluvial”. A vegetação atua na proteção do solo através da interceptação das gotas de chuva pela parte aérea da planta, da contenção das partículas de solo evitando o seu transporte, e funciona também no retardamento do escoamento do fluxo superficial e na infiltração das águas da chuva através das raízes.

Para Penteado (1978, p. 100) “a cobertura vegetal interpondo-se entre as gotas de chuva e o solo, reduz o impacto das gotas e sua ação erosiva”. Além de formar humos, importante para a estabilidade e teor de agregados dos solos, e aumentar a infiltração contribuindo diretamente na redução do escoamento superficial.

A presença da cobertura vegetal irá favorecer tanto na interceptação das gotas de chuva evitando que caiam diretamente no solo, como também irá aumentar a infiltração da água no solo, evitando assim um grande escoamento superficial e ocasionando a erosão.

Se o evento chuvoso ocorrer em uma área com uma cobertura vegetal estabelecida, esse escoamento será reduzido, pois haverá a infiltração dessa água no solo e a depender da textura do solo a taxa de infiltração pode variar. Nesse processo, os solos arenosos, possuem taxas de infiltrações maiores do que as dos argilosos (GUERRA, 1997).

A redução da perda de solo por transporte de sedimentos será maior em áreas onde há um bom desenvolvimento da cobertura vegetal, pois de acordo com Morgan (1984) a cobertura vegetal irá evitar a formação de crostas de solo e consequentemente haverá uma redução nas taxas de erosão.

Dentre as vantagens da presença da cobertura vegetal no solo, destaca-se a proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, a dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial, o aumento da infiltração pela melhoria da porosidade do solo por ação das raízes, e por fim o aumento da capacidade de retenção de água pela estrutura do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica ao solo.

Desta forma, o escoamento superficial tende a ser menor em áreas com cobertura vegetal estabilizada. Para Guerra (1994) “a cobertura vegetal tem um papel importante também na infiltração de água no solo”. O citado autor acrescenta ainda que em solo com cobertura vegetal as raízes podem ramificar-se no solo e, ao se decompor fornecerá humos que ajudarão na formação de agregados, além do reforço mecânico que será proporcionado pelas raízes no solo. Assim, a cobertura vegetal através das raízes além de aumentar o reforço mecânico, também irá proporcionar uma maior resistência ao cisalhamento.

Quanto à resistência da força ao cisalhamento, a vegetação melhora muitos fatores e condições garantindo a estabilidade do solo, através do reforço das raízes com a ação sustentadora do solo (ARAÚJO *et. al.*, 2010). A presença da vegetação no solo traz estabilidade superficial, pois a remoção dessa vegetação resultará nas crescentes taxas de erosão e ruptura dos solos sem o reforço mecânico e necessário que as raízes proporcionam. Desta forma, a presença do sistema radicular reforça o solo e aumenta a resistência ao cisalhamento das camadas superficiais.

Assim, a vegetação é muito indicada para estabilizar as margens de rios e taludes. A função protetora da vegetação nas encostas traz mecanismos hidrológicos e mecânicos. Entre os mecânicos destaca-se a eficiência das raízes nesse processo, onde as raízes reforçam o solo, aumentando a resistência ao cisalhamento, além de assegurar as partículas do solo na sua superfície aumentando a sua rugosidade, conseqüentemente reduzindo a susceptibilidade a erosão. Com isso, as raízes reforçam o solo mecanicamente pela transferência da força de cisalhamento no solo para resistência à tensão nas raízes (ARAÚJO, *et. al.*, 2010).

Desta forma, para minimizar a erosão superficial deve-se optar por gramíneas e herbáceas, pois estas fornecem uma cobertura densa ao solo contribuindo, na interceptação da chuva, evitando assim o impacto direto no solo. Para Salomão (2005, p. 232) “a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra erosão”. O que vem afirmar a necessidade do uso de cobertura vegetal na restauração dos solos impactados pela erosão.

Segundo Araújo *et. al.* (2010) algumas estratégias e procedimentos podem ser adotados para maximizar os benefícios da vegetação, que inclui desde a seleção das espécies apropriadas para cada condição específica do local e os objetivos da estabilização, até a colocação ou localização da vegetação nos lugares corretos com o monitoramento da vegetação de forma a mitigar a degradação da área a ser restaurada.

Para se alcançar o objetivo desejado quanto a estabilização de um talude é importante conhecer a vegetação ideal para cada processo de degradação do solo o qual pretende-se restaurar. Segundo Araújo *et. al.* (2010, p. 112) “uma cobertura de gramínea ou vegetação herbácea muito adensada, por exemplo, fornece uma melhor proteção contra a erosão superficial”. Já a vegetação arbórea pode trazer efeitos prejudiciais, visto que, se a árvore inclina pode trazer uma instabilidade aos taludes e margens de rio. Desta forma, recomenda-se a vegetação herbácea e gramínea quando se busca a estabilidade em taludes.

Além dos fatores citados anteriormente que atuam no processo de erosão dos solos, outro que deve ser considerado é a declividade do terreno, pois esta irá influenciar diretamente na velocidade do escoamento superficial que afeta a remoção dos sedimentos. Segundo Beltrame (1994) a declividade do terreno influencia na maior ou menor infiltração de água da chuva e na velocidade do escoamento superficial, contribuindo também no processo erosivo.

Desta forma, a Bioengenharia de Solos ou Engenharia Natural proporcionará contribuição significativa com o desenvolvimento e aplicação de técnicas para a restauração de áreas degradadas e mitigação de processos erosivos. Esta que possui o suporte necessário á aplicação de técnicas que venham possibilitar a restauração de áreas degradadas por erosão juntamente com os conhecimentos geomorfológicos, em especial no controle de erosão em taludes, sendo este o objetivo principal desta pesquisa.

2.5 Bioengenharia de Solos

O avanço dos processos erosivos tem levado à adoção de práticas de controle sejam a partir do empirismo da população ribeirinha ou pelo uso de soluções de engenharia, ou mesmo a bioengenharia de solos (HOLANDA *et. al.*, 2009).

Diante das discussões sobre os impactos ambientais que os recursos naturais vêm sofrendo, seja por processos naturais ou pela ação antrópica, o uso da bioengenharia de solos

torna-se uma alternativa a ser utilizada principalmente na restauração dos solos degradados por erosão.

A bioengenharia de solos consiste no uso de elementos biologicamente ativos, em obras de estabilização de solos e de sedimentos, conjugados com elementos inertes como concreto, madeira, ligas metálicas, polímeros e mantas confeccionadas com fibras vegetais, que são chamadas geotêxteis ou Biomantas (GRAY; SOTIR, 1996). Essas técnicas se apresentam como uma alternativa tecnológica ambientalmente sustentável para contenção de erosão de solos em suas condições de declividade, granulometria e composição, inclusive para margens de corpos d'água como reservatórios, canais de irrigação e rios.

As técnicas de bioengenharia de solos são antigas, originadas na civilização sumária e romana (SILVA, 2008). Na Europa, os primeiros trabalhos referentes à estas técnicas, tradicionalmente empregada no controle dos processos erosivos em morros e encostas, datam do séc. XVII (SUTILI *et. al.*, 2004).

Segundo Araújo Filho (2012) a bioengenharia de solos é usada para conter erosão em margem de curso d'água, que ganha espaço pela menor agressividade no que diz respeito às alterações paisagísticas. É uma técnica importante para o tratamento de locais instáveis e em processo erosivo devido as suas características ambientais e paisagísticas desejáveis, tanto no restabelecimento da vegetação natural, como também nos benefícios do ecossistema, aumento da diversidade da flora e da fauna. Desta forma, a bioengenharia de solos tornou-se uma das ferramentas utilizadas para a estabilização de áreas que apresentam instabilidade ambiental. E uma das estruturas biotécnicas para a estabilização do solo são os sistemas de cobertura, que utilizam mantas e telas vegetais para cobertura do solo. “Os métodos da cobertura são utilizados, antes de qualquer coisa, para fornecer uma proteção superficial rápida para a conservação do solo” (ARAÚJO *et. al.*, 2010, p. 168).

De acordo com Campbell *et. al.*, (2008) essa técnica baseia-se em critérios mecânicos e ecológicos para a proteção do solo em áreas afetadas pela erosão e movimentos de massa de solo superficial, e já vêm sendo utilizadas no mundo inteiro.

Mesmo que o uso da Bioengenharia de solos já esteja bem aceito como técnica para contenção de erosão, elas têm sido aprimoradas para serem cada vez mais empregadas na estabilização de solos. Para tanto, é preciso ter conhecimento da área a qual se deseja restaurar, referente ao solo, à vegetação, e aos fatores que mais influenciam na transformação da paisagem.

Uma das vantagens dos métodos da bioengenharia de solos é utilizar os benefícios da vegetação com vários arranjos de combinações. Por isso é muito importante também a preservação da vegetação sempre que for possível, pois no emprego das técnicas da bioengenharia de solos busca-se uma recuperação que fique o mais próximo possível do seu estado natural. Por isso é uma técnica correta do ponto de vista ecológico e estético, que utiliza-se de conhecimentos biológicos para estabilização de encostas de terrenos e margens de curso de água (SUTILI *et. al.*, 2004).

As principais técnicas de bioengenharia de solos são: estacas vivas, feixes vivos, drenos vegetados, camadas de ramos, ramos envelopados, recuperação de voçorocas, barreiras vivas, geogrelhas vegetadas, espigão com árvore, gabião de pedra com vegetação, proteção viva de taludes, paliçadas vivas, hidro-semeadura, enrocamento de pedras, retentores de sedimentos e geotêxteis (ARAÚJO FILHO *et. al.*, 2013).

Entre as várias formas de proteção dos solos contra os processos erosivos destaca-se, neste trabalho, o uso de geotêxteis como uma técnica que irá favorecer a proteção ao solo, até que uma cobertura vegetal seja estabelecida na área, possibilitando toda a proteção que a vegetação fornece aos solos.

Os geotêxteis são mantas de fibras vegetais ou sintéticas (natural ou artificial), utilizados para contenção de áreas com riscos de erosão ou deslizamento (GUERRA; GUERRA, 1997). Esses geotêxteis são colocados sobre um talude ou encosta e fixados com grampos de ferro ou estacas de madeira no solo. Podem também ser associados ao uso de espécies de gramíneas, pois a junção do geotêxtil e vegetação irá reduzir consideravelmente a erosão dos solos. Pois destinam-se a garantir uma cobertura do solo que evite a ação direta dos agentes erosivos e diminua a perda de água por evaporação, permitindo o desenvolvimento mais fácil das plantas (FERNANDES; FREITAS, 2011).

Os geotêxteis vêm sendo muito utilizados para controlar os processos erosivos, e podem reduzir em até 20% as taxas de erosão, se comparada com encostas sem o uso dessa técnica (GUERRA, 1994, p. 196).

O uso de geotêxteis em taludes irá favorecer o controle do escoamento superficial, proporcionando uma melhor infiltração da água no solo, além de reter com mais eficiência as partículas de solo que poderiam ser carregadas em áreas com solo desprovido de cobertura vegetal.

Os primeiros geotêxteis ou biomantas foram desenvolvidos nos Estados Unidos, utilizando-se fibras de juta. Atualmente esses produtos são manufaturados a partir das matérias primas, como algodão, fibra de coco beneficiada, sisal, turfa, trigo, milho e palhada composta por restos de culturas agrícolas (COUTO, *et. al.*, 2010).

No Reino Unido, os testes com uso de geotêxteis como técnicas de bioengenharia de solos, mostraram a eficiência na contenção de sedimentos (BHATTACHARYYA, 2009).

No Brasil, o uso de geotêxteis de fibras concentram-se nas fibras a base de coco e sisal, comumente utilizadas para a estabilização de encostas. Mas estudos com uso de fibras naturais confeccionadas artesanalmente têm sido testadas em trabalhos de campo realizados por Bezerra (2006; 2011) e Mendonça (2006).

Em Sergipe, alguns testes com uso de geotêxteis foram realizados na margem do rio São Francisco no seu baixo curso. O geotêxtil utilizado foi o FIBRAX 400BF fotodegradável e composto de 100% de fibra de coco entrelaçado por uma malha de polipropileno associado ao uso de gramínea e muda de espécies nativas. Gomes *et. al.* (2005), ao utilizarem essa técnica da bioengenharia de solos afirma que o uso de geotêxteis começa a se apresentar como soluções de possível viabilidade no controle da erosão.

Araújo Filho *et. al.* (2013) utilizaram em taludes no Baixo São Francisco Biomantas fotodegradáveis composta de fibra de coco, com plantio de estacas vivas de aroeira e sabiá, que possibilitou a proteção do talude proporcionando o desenvolvimento da vegetação.

Holanda *et. al.* (2008), afirmam que após o uso do geotêxteis em taludes, o rebaixamento do topo do talude foi reduzido quando comparado com o tratamento sem uso de bioengenharia. Os autores acrescentam ainda que no tratamento com uso dessa técnica é perceptível a importância dos elementos vivos e inertes na proteção física do talude contra os efeitos da erosão marginal. Segundo Holanda *et. al.* (2008), em testes realizados em campo às margens do rio São Francisco no seu baixo curso, os geotêxteis contribuíram para a estabilização do talude e se mostraram eficientes no controle da erosão das margens de rio, perceptível pela variação no perfil transversal inicial em comparação com a situação dos anos após a realização dos testes.

Conforme Araújo Filho *et. al.*, (2013) em taludes, as técnicas de bioengenharia de solos podem ser aplicadas para reduzir e controlar a erosão marginal, como também restringir o movimento de massa do solo, podendo ainda ser executadas separadamente ou associadas às técnicas de engenharia tradicional.

A estabilização de taludes marginais no controle do processo erosivo deve utilizar técnicas com soluções simples, porém com atuação ampla, para promover melhorias estéticas e ecológicas (MONTEIRO, 2009; SUTILI *et. al.*, 2004). Segundo Brandão (2001) os rios estão sujeitos a desequilíbrios naturais ou antrópicos, que podem ser mitigados ou evitados por meio de obras adequadas.

O uso das técnicas de bioengenharia de solos no Brasil tem se mostrado muito promissor com eficiência, segurança e de baixo custo, quando comparada com as técnicas tradicionais de engenharia.

3 CARACTERIZAÇÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO NO MODELO GTP

É no trabalho desenvolvido no espaço geográfico que configuram-se as paisagens alteradas pelas sociedades que dão formas e sentidos à criação de novos territórios que surgem em meio aos interesses sociais.

A interação do homem com o meio ambiente cria seus espaços de reprodução e apresentam-se também as formas indenitárias que configurou-se nas comunidades de artesãos na relação direta com os recursos naturais que produzem seus meios de produção numa relação sustentável em suas atividades cultural, social e econômicas na paisagem.

E na relação da sociedade com a natureza os recursos naturais tornam-se condições básicas e necessárias no aporte de soluções cabíveis ao estudo dos aspectos físicos do meio ambiente no Baixo São Francisco Sergipano frente aos estudos de impactos ambientais ocasionando erosão dos solos, este influenciado não apenas por fatores naturais, mas também pela ação antrópica.

Para tanto se faz necessário caracterizar e conhecer os seus aspectos físicos e que configuram o Baixo São Francisco Sergipano, mais especificamente na margem direita do Rio São Francisco no município de Amparo do São Francisco em Sergipe. Os conhecimentos geoambientais são fundamentais para compreender a dinâmica ambiental que influencia a erosão de solos em taludes fluviais.

Através da paisagem é possível realizar estudos ambientais, sendo uma das formas mais usadas não só pelas ciências físicas, mas inclusive sociais. Pois o espaço natural proporciona às sociedades as condições e os recursos necessários para a realização de suas atividades. Para tanto faz-se necessário um conhecimento prévio quanto às suas características geológicas, geomorfológicas, climáticas, além dos aspectos de solo e da vegetação.

Os aspectos físicos são fundamentais e determinantes no favorecimento da ocupação das comunidades nesse espaço geográfico, pois é a disponibilidade favorável de recursos que irá proporcionar a interação humana no modelar dessas paisagens. É importante entender a influência dos aspectos físicos no meio ambiente, pois as dinâmicas da paisagem estão ligadas aos fatores, entre eles econômicos, sociais e ambientais.

Nesta perspectiva o modelo GTP é o mais propício para o estudo, compreensão e apresentação da paisagem nos aspectos que se configuram no Baixo São Francisco Sergipano através da análise dos elementos físicos que compõem a paisagem e são fundamentais para

compreender sua dinâmica e influência nos processos de erosão recorrentes em taludes fluviais.

O Baixo São Francisco Sergipano vem passando por alterações influenciadas pela ação antrópica no uso e ocupação irregular das suas margens com a retirada da cobertura vegetal, bem como pelo controle da vazão do rio após a construção das barragens de Sobradinho e Xingó. Essa dinâmica tem ocasionado alterações nas suas margens resultando em constantes eventos erosivos no talude fluvial às margens do rio.

Mesmo diante da exposição dos impactos que se apresentam nesse rio, esses espaços naturais continuam sendo os mais disputados e ocupados por comunidades que utilizam os recursos existentes. Visto que o homem tem buscado cada vez mais atender os seus interesses, mesmo que estes custem impactos aos meios naturais e consequentemente diversificando os seus espaços e modelando as paisagens, ou seja, artificializando-as.

No estudo geográfico a análise da paisagem recebe o caráter sistêmico e de acordo com Bertrand (1971) o estudo da paisagem pode ser realizado em escalas de análise tempo-espacial através de sistemas de delimitação por unidades homogêneas a partir de escalas consideradas.

Segundo Bertrand (1971) a paisagem é uma formação de elementos físicos, biológicos e antrópicos que interagem entre si. Neste sentido, percebe-se a complexidade na análise da paisagem sendo necessária uma visão holística e integrada dos aspectos sociais e físicos que compõe a paisagem.

A partir da visão de sistemas foi possível desenvolver estudos que contemplem uma visão holística da paisagem. E foi graças a teoria Geral dos Sistemas fundada por Bertalanffy em 1950 que tornou-se possível os estudos do espaço geográfico e do meio ambiente posteriormente pelo geossistemas. Tricart (1977) afirma que os sistemas podem ser definidos como um conjunto de fenômenos que se desenvolvem a partir dos fluxos de matéria e energia, as quais possuem uma interdependência, que leva ao surgimento de uma nova entidade global, integral e dinâmica.

É na interação dos aspectos antrópicos e naturais que se configuram os geossistemas na paisagem. Estes que são fundamentais no estudo da geografia de forma dinâmica e integrada no meio ambiente.

Grandes foram as contribuições dos estudos realizados por Christofolletti (1981) no Brasil, nas transformações estruturais da paisagem através dos geossistemas. Assim utilizando-se o modelo geossistêmico (Bertrand, 1971) foi possível caracterizar e identificar no Baixo São Francisco Sergipano através do grande sistema as unidades inferiores da paisagem a qual tornou-se o objeto de estudo nesta pesquisa, sendo possível analisar a interação dos elementos que se relacionam nesta unidade da paisagem.

Vale destacar que a delimitação do espaço a ser estudado é muito importante visto que irá proporcionar uma melhor compreensão da dinâmica dos fenômenos que influenciam no processo de erosão no talude fluvial.

É através da busca de explicação para as organizações do espaço geográfico que os estudos específicos da análise da paisagem buscam na teoria do geossistemas uma forma de explicar as transformações da paisagem.

O presente estudo segue técnicas tradicionais de observações, descrições e monitoramento dos fenômenos estudados, buscando caracterizá-los através de sua relação com os demais elementos estudados no meio ambiente. Assim, estudar os geossistemas através da ciência geográfica é levar em consideração todas as influências sociais, ambientais e econômicas que interagem e provocam alterações diretamente na paisagem.

O estudo do meio ambiente a partir de complexidade apresentada pela teoria geossistêmica permite definir uma unidade dinâmica como a própria organização do espaço geográfico, onde esse pode ser subdividido em partes menores, assegurando a integridade funcional de um sistema (BARBOSA, 2013, p. 128). E nessa análise da paisagem destaca-se a abordagem sistêmica, por ser integradora sendo necessária no estudo da dinâmica da paisagem, visto que a atuação direta dos fatores físicos, químicos e antrópicos tem acelerado o impacto direto no solo ampliando a erosão.

A partir do modelo conceitual de Geossistemas, Bertrand (1971) estrutura os sistemas como unidades integradoras de ações ecológicas, biológicas e antrópicas onde o geossistema pode se identificar dentro de uma paisagem representada por sistemas complexos de integração, pois é no espaço geográfico que encontram-se as interações dos aspectos físicos e sociais existentes no meio ambiente, caracterizados pelos modelo GTP (Geossistemas, Território, Paisagem) (Figura 03).

O Geossistema constitui uma combinação dinâmica, portanto instável, entre elementos abióticos (rocha, água, ar), elementos bióticos (vegetais, animais) e elementos antrópicos (impacto da sociedade).

O território é o conceito central da ciência geográfica e é considerado apenas na sua dimensão natural, e a sua análise é fundamental pela dialética fonte-recurso.

A paisagem é considerada a representação social da natureza.

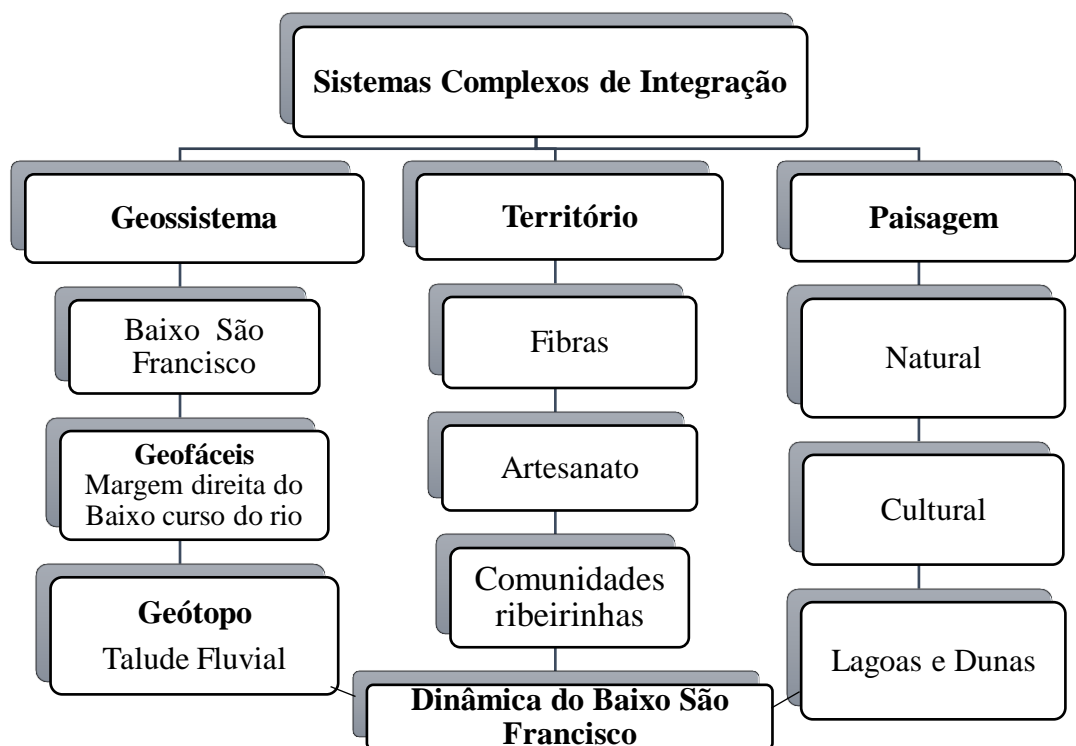


FIGURA 03 – Sistemas Complexos de Integração no Baixo São Francisco Sergipano
Fonte: Adaptado de Barbosa (2013).

Seguindo o modelo GTP conforme Bertrand (2009), foi possível identificar as unidades da paisagem no Baixo São Francisco Sergipano. A análise feita nas unidades inferiores permite apresentar as principais características observadas na área em estudo através dos níveis taxonômicos.

Para realizar o estudo do espaço geográfico levando em consideração sua dinâmica ambiental, social e cultural é necessário o uso de uma abordagem sistêmica fundamentada no estudo da paisagem, nos recursos naturais bem como da ação antrópica. E a geografia tem dado grandes contribuições aos estudos geossistêmicos da paisagem, abordando o discurso sistêmico e holístico do geossistema do território e da paisagem. Grande contribuição foi dada por Sotchava (1977) associando os geossistemas para análises dos sistemas naturais e sociais.

Na visão sistêmica o espaço geográfico é estudado numa dinâmica de interface natural e social, permitindo uma análise integrada do meio ambiente. A paisagem então torna-se o “espaço” fundamental da análise dos estudos ambientais. Segundo Bertrand e Bertrand (2009) esta paisagem constitui o espaço resultante de combinações dinâmicas e instáveis compostas por elementos físicos, biológicos e antrópicos, que interagem e constituem seus territórios.

3.1 Geossistema do Baixo São Francisco

O Baixo São Francisco faz parte da menor área da subdivisão da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. A bacia hidrográfica do rio São Francisco é subdividida em quatro áreas: o Alto, que abrange o trecho que vai da nascente até a cidade de Pirapora, no estado de Minas Gerais (MG); o Médio, que vai de Pirapora até a cidade de Remanso no estado da Bahia (BA); o Sub médio que se estende de Remanso até Paulo Afonso, ambas as cidades do Estado da Bahia (BA), e o Baixo que se estende de Paulo Afonso até sua foz no oceano Atlântico, dividindo os estados de Sergipe (SE) e Alagoas (AL) (CODEVASF, 2002).

O rio São Francisco possui na sua extensão o comprimento de 2.697 km, e o total de sua rede de drenagem mede 121.657 km. A área desta bacia hidrográfica é de 638.883 km². A bacia hidrográfica abrange sete unidades da federação (Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e o Distrito Federal) atingindo 507 municípios (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2015).

O Baixo São Francisco representa 4% da área da bacia hidrográfica e possui uma área de drenagem de 25.524 km² com um comprimento da rede de drenagem de 5.713 km. O Baixo São Francisco abrange os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. De Paulo Afonso até sua foz o Rio São Francisco perfaz um total de 265 km no sentido de oeste-leste. Vale ressaltar que este é um dos poucos rios perenes existentes na região (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2015).

As principais finalidades sociais e econômicas são: abastecimento de água para a população urbana (inclusive a cidade de Aracaju), diluição de efluentes domésticos, abastecimento de agricultura irrigada, navegação e exploração da hidroeletricidade através da Usina Hidrelétrica (UHE) de Xingó da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) (CODEVASF, 2002).

As alterações do regime fluvial promovidas pelas cascatas de barragens causaram profundas e irreversíveis modificações ambientais no Baixo São Francisco Sergipano após as barragens de Sobradinho e Xingó, em função da retenção de sedimentos e da regularização

das vazões pelas barragens da CHESF, que alteram o regime de baixas e altas águas, ocorrendo variações da cunha salina – águas marinhas que penetram no rio a dentro, quando os níveis do mar são altos e as vazões são baixas.

Uma das principais características da bacia hidrográfica do Rio São Francisco é a sua complexidade por influência da latitude, longitude, cobertura vegetal, proximidade ao mar, continentalidade e sistemas atmosféricos associados (ARAÚJO *et. al.*, 2008; VIANELLO; ALVES, 1991).

3.2 Condicionantes Geoambientais do Baixo São Francisco

O Baixo São Francisco abrange uma área bem diversificada em suas características físicas e ambiental (CODEVASF, 2002), por isso é de fundamental importância fazer uma caracterização geoambiental na qual utilizou-se neste trabalho dados do Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco 2016-2025 (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2015). Através das variáveis temperatura do ar (máxima e mínima), intensidade do vento, evaporação, umidade, insolação total e precipitação é possível apresentar a variabilidade espaço-temporal de uma área.

Para caracterizar o clima, a classificação climática de Köppen (Köppen, 1936) é uma das mais utilizadas. Essa classificação baseia-se no conceito de que a vegetação nativa é a melhor expressão do clima. Assim, os limites das zonas climáticas são selecionados com a distribuição de vegetação, combinando as temperaturas médias e precipitação anual e mensal, e a sazonalidade da precipitação (ALVORES *et. al.*, 2013).

De acordo com a classificação de Köppen (1936) no Baixo São Francisco o clima predominante é o AS (quente e úmido, com chuvas de inverno). No entanto, existem zonas a noroeste com características climáticas Bsh, isto é, semiárido com curta estação chuvosa no outono/inverno.

Quanto aos ventos, sofre a influência da zona de convergência intertropical, que é uma estreita faixa de nuvens onde se encontram os ventos alísios do hemisfério (ventos persistentes, nesta região) predominantemente de SE (sudeste), que sopram sobre vastas regiões de um anticiclone subtropical em direção às regiões equatoriais influenciando diretamente nas chuvas da região nordeste. No Baixo São Francisco, região mais costeira, a intensidade do vento é mais elevada entre outubro e janeiro (intensidade na ordem de 3.6 – 3.8 m/s) e as intensidades mais baixas correspondem aos meses de maio a agosto (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2015).

Os máximos de evaporação ocorrem entre os meses de novembro a fevereiro (7 mm). Esses máximos coincidem com os meses de verão no hemisfério sul. E a evaporação é maior quanto maior é a intensidade dos ventos e da temperatura. O Baixo São Francisco é a região mais úmida, atingindo valores máximos nos meses de inverno (80-85%). A umidade está relacionada com a quantidade de água existente no ar, o que leva a crer que os locais mais costeiros sejam os mais úmidos (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2015).

Segundo dados no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a precipitação média anual entre 1961-2014 foi de 759 mm com mínimas de 520 mm e máximas de 1.029 mm (ANA, 2014). Os mecanismos dinâmicos de precipitação têm origem na zona de convergência do atlântico sul, mas atua em períodos distintos: de novembro a março nas sub bacias do alto e médio São Francisco, e de abril a agosto na sub bacia do Baixo São Francisco (DA SILVA, *et. al.* 2003).

Outro fator ambiental a ser considerado no Baixo São Francisco são as áreas mais susceptíveis à desertificação. O índice de aridez da área é de 0,43, considerado um nível de susceptibilidade à desertificação alta (MATALLO JUNIOR, 2003), pois quanto menor o índice de aridez, maior a susceptibilidade à desertificação. Este índice também está associado à classificação climática do Baixo São Francisco que é semiárido.

Quanto à temperatura, o Baixo São Francisco pela sua proximidade da costa apresenta uma menor diferença entre a temperatura máxima e mínima com clima mais ameno pela influência do oceano. Com as máximas de 25-27°C e mínimas de 18-19°C entre os meses de julho a agosto e as mais elevadas entre outubro e março de 32-33°C e mínimas de 20-21°C (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2015).

3.2.1 A Geologia do Baixo São Francisco

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco abrange cinco das dez províncias estruturais em que se encontram subdividido o território brasileiro, de acordo com as suas feições estratigráficas, tectônicas, metamórficas e magmáticas (CPRM, 2003). O Baixo São Francisco abrange de forma localizada a província costeira em particular a Bacia de Tucano-Jatobá.

Quanto a geologia, por natureza da rocha predomina no Baixo São Francisco os terrenos do Neoproterozóico (46%) que pertencem a unidade mais representativa da região com presença de xistos aluminosos, micaxistos, quartzitos, metagrauwaques, metarritmitos e

rochas calciclásticas. As principais unidades geológicas aflorantes são do complexo Belém do São Francisco (16%), Macurué (13%) e Grupo Barreiras (8%) (CPRM, 2003).

3.2.2 A Geomorfologia do Baixo São Francisco

A Geomorfologia da área é caracterizada pela ocorrência, de leste para oeste, de três Domínios morfoestruturais em três unidades geomorfológicas: Depósitos sedimentares e estende-se por áreas marginais do Rio São Francisco e pelos litorais dos estados de Sergipe e Alagoas; Remanescentes das Raízes de Dobramentos, situado na porção central do Baixo São Francisco, aproximadamente entre as cidades de Porto da Folha e Propriá (SE); Maciços Remobilizados que ocupam a maior área do Baixo São Francisco, estendendo-se de Porto da Folha até Paulo Afonso (CODEVASF, 2002).

O Baixo São Francisco está situado na Bacia Sedimentar Sergipe – Alagoas e predominam os terrenos dos cinturões móveis Neoproterozóicos que estão associados aos terrenos metamórficos e ígneos do proterozóico e do Eoarqueano, representado por extensas áreas de planalto, serras e depressões Inter planálticas resultantes da erosão de antigas cadeias montanhosas. Ocorrem também os depósitos sedimentares quaternário representados por zonas deprimidas de acumulação de sedimentos na dependência de ambientes aquáticos fluviais marinhos, de transição ou eólico, mais especificamente na foz (CPRM, 2003).

Segundo Santos *et. al.*, (1998), o substrato rochoso da faixa cortada pelo Rio São Francisco, entre os Municípios de Propriá e a foz do rio é formado por granitóides do tipo Propriá e pelas formações Bananeiras (do Jurássico) e Serraria (da idade neojurássica e eocretácica) pertencentes ao grupo Perucaba; Barra Itiúba e Penedo (Cretácio inferior), ambas do grupo Coruripe. Essas formações são unidades da Bacia Sedimentar Sergipe Alagoas, recobertas ao longo da margem direita do rio, por sedimentos superficiais recentes inconsolidados (coberturas Quaternárias Holocênicas) e, em alguns locais, por sedimentos Terciários do Grupo Barreiras, que formam os platôs ligeiramente inclinados em direção à costa.

3.2.3 O Relevo do Baixo São Francisco

Quanto ao relevo, o Baixo São Francisco concentra-se nos Tabuleiros (Tabuleiros de Tonã/Jatobá e dos rios Real/Vaza-Barris). Segundo os dados da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE, 2014) as principais unidades de relevo no Baixo São Francisco são:

depressões do Baixo São Francisco (59%), Tabuleiros dos rios Real/Vaza-Barris (18%), Planalto da Borborema (8%), Tabuleiros Costeiros (8%), Planícies Marinhas (3%), Tabuleiros de Tonã/Jatobá (2%) e corpos de águas (3%) (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2015).

A altimetria do Baixo São Francisco varia de 0 a 1.150 m, sendo que as cotas superiores a 1.000 m estão, sobretudo associadas ao Planalto Borborema, pois 81% da região têm altitudes até 450 m. As altitudes abaixo de 50 m ocorrem junto à foz, associadas aos tabuleiros costeiros. Predomina o relevo aplanado-suave (respectivamente 89 e 77%), sendo que à medida que o rio São Francisco avança em direção à foz, na zona de encaixe dos metassedimentos – metavucânicos da depressão do Baixo São Francisco e dos Tabuleiros dos rios Real/Vaza-Barris, ocorre declive muito acentuado (ANA/GEF/ PNUMA/OEA, 2015).

No Baixo São Francisco os principais aspectos de susceptibilidade à riscos geológicos são movimentos de massa de vertentes, processos erosivos, instabilidades de terrenos de fundação, enchentes e alagamentos e avanços de dunas (CPRM, 2003). Em Sergipe as zonas de maior susceptibilidade à movimentos de massa de vertentes ocorrem, sobretudo na transição das zonas de tabuleiros para as depressões.

3.2.4 Os Solos do Baixo São Francisco

No Baixo São Francisco, os tipos de solos com maior representatividade são os Planossolos (41,5%), os Neossolos (32,5%) e os Argissolos (13,3%). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos seguem abaixo as características de cada um destes (EMBRAPA, 2013):

Os Planossolos são solos constituídos por predominância de material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico.

Os Neossolos são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Horizontes glei, plântico, vértico e A chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condições diagnósticas para as classes Gleissolos, Plintossolos, Vertissolos e Chernossolos, respectivamente. Os Neossolos não têm potencial para a prática agrícola, devido à sua maior susceptibilidade à erosão e apresentam uma textura grosseira com alta taxa de infiltração (MMA, 2006). Os solos que constituem a margem direita do Baixo São Francisco, na área para realização da pesquisa, são caracterizados como Neossolos

Flúvicos que são solos aluviais derivados de sedimentos aluviais com horizonte A sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si, predominante nas margens de rios.

Os Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa conjugada com saturação por bases baixa e /ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfaz ainda aos seguintes requisitos: a) Horizonte plântico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolo; b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolo. Os Argissolos têm uma elevada aptidão para a prática da agricultura (MMA, 2006).

3.2.5 A Cobertura Vegetal do Baixo São Francisco

A cobertura vegetal que compõe a paisagem do Baixo São Francisco é representada por extensas áreas de caatinga que se constitui um tipo xerófito de vegetação, desenvolvida em função do baixo nível de precipitação pluviométrica da região semiárida. Ocorrendo a caatinga arbórea densa e a caatinga aberta. Já no litoral predomina a restinga e os mangues (CODEVASF, 2002).

A Caatinga tem distribuição restrita ao Brasil, estendendo-se por quase todos os Estados no Nordeste e Minas Gerais, e englobando uma vasta biodiversidade. Dentre os biomas brasileiros, é o menos conhecido cientificamente, não obstante ser um dos mais ameaçados (IBAMA, 2015).

3.3 Geófase Margem Direita do Baixo São Francisco Sergipano

A antropização no Baixo São Francisco Sergipano é evidenciada nos estudos já realizados na margem direita do Rio que corresponde à porção situada no Estado de Sergipe. O Baixo São Francisco Sergipano, a área escolhida para realização da pesquisa, é o trecho jusante da UHE de Xingó até a foz no oceano atlântico que corresponde a uma área de 6.771 km² representando 1,1% da área da bacia com comprimento da rede de drenagem de 1.741 km (ANA, 2014).

O Baixo São Francisco Sergipano inclui em sua área 28 municípios sendo eles: Amparo de São Francisco, Aquidabã, Brejo Grande, Canhoba, Canindé do São Francisco,

Capela, Cedro, Feira Nova, Gararu, Gracho Cardoso, Ilha das Flores, Itapi, Japaratuba, Japoatã, Malhada dos Bois, Monte Alegre, Muribeca, Neópolis, Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora de Lourdes, Pacatuba, Pirambu, Poço Redondo, Porto da Folha, Propriá, Santana do São Francisco, São Francisco e Telha.

O Baixo Curso do Rio São Francisco é um trecho de rio meandrante, porém com características de rio anastomosado, devido à formação de croas e bancos de areia ao longo do seu curso, resultado da erosão marginal e deposição do material escavado jusante (BANDEIRA, 2005).

Nos últimos quatro anos, registrou-se no BSF um comportamento diferente no que tange a sua dinâmica ambiental e fluvial. Esta área possui suas águas e vazão controladas pelas Barragens de Sobradinho e Xingó. O BSF tem grande importância não só no aspecto econômico, mas também ambiental e social. O uso e ocupação dessas áreas têm ocasionado mudanças na paisagem reconfigurando o espaço com a diversificação de usos. Em consequência, os problemas ambientais têm se tornado frequente, dentre eles destaca-se a erosão das margens, a retirada da vegetação ciliar e o assoreamento do rio com a presença de grandes bancos de areia visíveis em alguns trechos do rio.

Além da ação antrópica nessa área, o controle da vazão das águas do Rio São Francisco, tem influenciado diretamente na dinâmica do seu curso principal, e associado aos impactos nas suas margens surge a presença incisiva da erosão.

A redução das chuvas principalmente nas cabeceiras, e o controle da vazão têm levado o Baixo São Francisco Sergipano a passar por períodos de baixas vazões consecutivas. Fenômeno observado no período em que se realizou a pesquisa entre os anos de 2012 a 2015.

Levada por essa dinâmica fluvial os taludes tornaram-se cada vez mais instáveis aos processos erosivos, associado à falta de cobertura vegetal, o tipo de solo, a morfologia do terreno, etc, resultando em um acelerado processo de erosão nas margens. Diante dessa problemática ambiental identificada no BSF tornou-se necessário um estudo da dinâmica dos processos erosivos na margem direita, buscando mensurar as perdas de solo, bem como criar técnicas que busquem conter os processos erosivos.

Associada a essa problemática ambiental, buscou-se intervir através de estudos experimentais nos taludes fluviais juntamente com a participação da comunidade local na criação e implantação de técnicas que visem proporcionar a estabilidade das margens do rio

contra a erosão, bem como interagir de forma integrada com a sociedade e a natureza no estudo da paisagem através de estudos em campo e laboratório.

Os usos do espaço natural devem ser pensados de modo a garantir o equilíbrio da fauna, da flora e das comunidades que vivem no meio ambiente. Nesta perspectiva, o estudo da dinâmica erosiva trás ricas contribuições da dimensão social, ambiental e econômica.

A pesquisa teve como base para estudo a menor Unidade geomorfológica da paisagem representada pelo Geótopo em um talude fluvial localizado no município de Amparo do São Francisco na margem direita do rio São Francisco, bem como a interação das comunidades de artesãos do município de Pacatuba, na confecção de geotêxteis.

Nessa interação abordou-se a dinâmica ambiental na relação sociedade e natureza num espaço dinâmico e interativo de alto valor econômico, social e ambiental, com enfoque principal nos estudos da erosão em talude fluvial.

3.4 Geótopo Talude Fluvial

O Geótopo é a subunidade mais específica da paisagem e nesta pesquisa aborda a superfície de erosão no talude. É no geótopo que as ações das sociedades se dão de forma perceptível, e também tais transformações fazem parte de todos os momentos diários da vida da população na sua ampla necessidade de adequar os espaços conforme suas necessidades (BARBOSA, 2013).

Para a realização desta pesquisa com estudos e análises num talude fluvial às margens do Rio São Francisco a noção de escala da paisagem é indispensável para o estudo. Seguindo as ordens de grandeza propostas por A. Cailleux e J. Tricart (Tricart, 1977) nas escalas têmporo-espacial. E quanto à taxonomia da paisagem o Geótopo situa-se na unidade do último nível da escala espacial (GVII) sétima grandeza têmporo-espacial (BERTRAND, 2009).

Segundo Bertrand (2009) esta unidade da paisagem corresponde a menor unidade geográfica diretamente discernível no território; os elementos inferiores precisam da análise fracionada de laboratório, com análises no âmbito das microformas, na escala de metro quadrado (m²). Por isso tornou-se a representação mais familiar e mais concreta da paisagem.

Desta forma é possível realizar estudos que visam compreender melhor a dinâmica ambiental, relacionando todos os fatores que influenciam direta ou indiretamente a paisagem aqui representada por um talude fluvial na margem direita do Baixo São Francisco.

Para melhor compreender a paisagem em um geótopo, Tricart (1977) apresenta uma classificação sintética da paisagem nas unidades inferiores (Quadro 01).

QUADRO 01 – Classificação Sintética da Paisagem na Unidade de um Geótopo

Unidade de Paisagem	Escala Têmporo-Espacial	Quantidade Climática	Biogeografia	Unidade trabalhada pelo homem
Geótopo	GVII 7ª Grandeza	Microclima	Biótipo Biocenose	Parcelas

Fonte: Adaptado de Tricart (1977)

Tomando como base o modelo representado acima, o geótopo talude fluvial do Baixo São Francisco Sergipano será contemplado na análise do estudo ambiental nesta pesquisa. Visto que todos os processos de erosão tem causado uma transformação na paisagem do Baixo São Francisco. E estes impactos são visíveis e podem ser mensurados diretamente através de técnicas de medição de perda de solo com auxílio de conhecimentos geomorfológicos.

O talude marginal possui aproximadamente 80 m de comprimento, medindo 6m e uma inclinação de 41°, encontrando-se verticalizado e sem proteção em virtude do avanço do processo erosivo (ROCHA, 2014) (Figura 04 A e B).

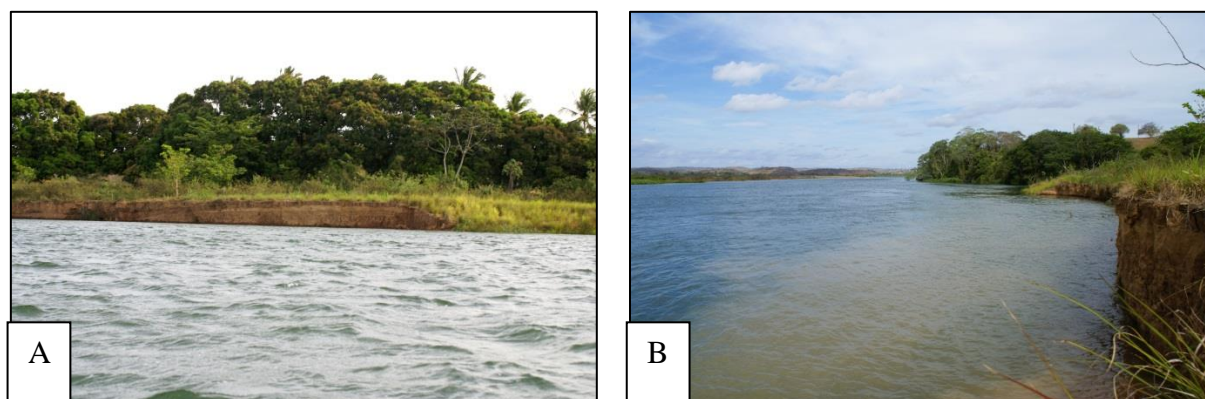


FIGURA 04 – Geótopo Talude Fluvial no Baixo São Francisco Sergipano em Amparo do São Francisco. Vista frontal (A) e vista lateral sentido jusante (B) da UHE Xingó.

Fonte: Autora, 2012.

Nos últimos anos, uma série de impactos ambientais tem sido relatados no Baixo São Francisco como resultado das sucessivas intervenções humanas no Rio São Francisco, principalmente aqueles supostamente resultantes da construção e operação das barragens da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF). As mudanças ambientais atribuídas a

estas barragens iniciaram-se no final da década de 70 após a construção da barragem de Sobradinho (FONTES, 2002).

Segundo Holanda *et. al.*, (2005), a artificialização da vazão do rio montante e jusante de grandes hidrelétricas construídas ao longo do Rio São Francisco levou à diminuição da altura do nível da água (cota rio), expondo o talude marginal, que, dominado por solos arenosos de baixa coesão, contribui para a acelerada interferência na dinâmica do rio.

Devido a evidência desses impactos ambientais nas margens do Rio São Francisco é que surge a proposta de estudar a paisagem com enfoque principal nos processos erosivos na margem direita do Baixo São Francisco Sergipano.

O baixo curso do Rio São Francisco tem sido objeto de estudos de pesquisadores (CASADO, 2000; FONTES, 2002; BANDEIRA, 2005; HOLANDA *et. al.* 2008; 2009; 2012; ROCHA, 2014), visto que com a dinâmica da vazão do rio controlada pela Usina Hidroelétrica de Xingó desde 1994, a parte mais jusante próxima a sua foz, têm apresentado sinais de degradação evidentes na erosão das margens. E somado as alterações da vazão, os baixos regimes de precipitação têm influenciado diretamente nos impactos que se apresentam na paisagem do Baixo São Francisco Sergipano.

De acordo com Araújo *et. al.* (2015), as barragens dão continuidade aos processos de mudanças e alterações ambientais e interferem nas três principais interfaces do sistema aquático formado pela bacia hidrográfica: a interface ar-água, a interface sedimento-água e a interface organismo-água. Logo, a regularização da vazão influencia diretamente no desequilíbrio ambiental.

As barragens construídas ao longo dos tempos na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco artificializaram totalmente o rio, assim como toda a bacia hidrográfica, provocando grandes modificações das cheias naturais e nos processos de vazões interanuais, alterando a variabilidade hidrológica e comprometendo seu ciclo hidrológico, que em tempos anteriores às barragens o volume de água do rio decrescia ou aumentava de acordo com as condições naturais do clima da região (ARAÚJO, *et. al.*, 2015, p. 118).

Após todas as mudanças ocasionadas pelo controle da vazão, ou seja, pela artificialização da vazão, o rio busca suas adaptações naturais o que não impede de causar alterações, e quando associadas ao desmatamento, ocupação das margens, e as propriedades físicas e químicas dos solos que margeiam o baixo curso do rio é inevitável os impactos ambientais, em especial a erosão. E pode-se observar ao longo dos anos, pois este não caracteriza-se em um impacto com causas e efeitos imediatos, mas que ocorrem associados a alguns fatores e ao longo do tempo. Para Fontes (2011, p. 40):

O processo de artificialização do rio pode ser distribuído em três períodos significativos: o primeiro encontra-se relacionado ao período entre 1978-1987, quando incorporou o término da barragem de Sobradinho, sendo este que inaugura o novo regime hidro sedimentológico do rio jusante e constituído com a segunda nascente artificial; o segundo corresponde aos anos de 1988-1993, quando foram incorporadas a Sobradinho as barragens de Itaparica, Paulo Afonso IV e Moxotó, e por fim, o período de 1994-2003, quando entrou em operação no final de 1994, a Usina Hidroelétrica de Xingó que está localizada entre os estados de Sergipe e Alagoas, sendo considerada a nascente artificial do Baixo São Francisco.

A barragem de Xingó foi construída e é gerida pela Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) e corresponde à usina com maior potencial de geração de energia no nordeste (SANTANA, *et. al.*, 2015).

Os estudos de impactos ambientais são abordados por alguns autores, dentre eles Medeiros *et. al.* (2011) que ressalta que a construção de barragens têm provocado impactos substanciais no fluxo das águas de um sistema aquático fluvial, ocasionando alterações no seu sistema natural entre eles alterando a capacidade de transporte de sedimentos, bem como a incidência de erosão das margens em especial jusante.

É verdade que os problemas de degradação, em especial a erosão, que se apresenta nas margens do baixo curso do São Francisco foram agravados com a regularização da vazão das águas, visto que a priorização da produção de energia elétrica causou impactos ambientais que ultrapassam os limites territoriais da barragem. Segundo Araújo *et. al.* (2015, p. 129) esses impactos “atingem toda a bacia hidrográfica do baixo curso do São Francisco, seus elementos geográficos, topográficos e hídricos”.

Os regimes de vazão regularizada do Baixo São Francisco não dão garantia de uma vazão ecológica suficiente para manter as suas condições naturais. Assim todas as alterações tendem a se intensificar, bem como os impactos diretos sofridos pelos ribeirinhos. Martins *et. al.* (2011) afirma que alguns problemas resultantes da alteração da dinâmica do rio após o controle da vazão e principalmente em épocas de baixa vazão do rio são: a redução do carreamento de sedimentos, a erosão das margens e mudanças hidrodinâmicas. Além de várias outras que ocorrem diariamente em todo o percurso do rio.

Com a vazão controlada torna-se cada vez mais difícil atingir a vazão ecológica do rio. Segundo Medeiros *et. al.*, (2011) a vazão ecológica é a demanda necessária de água a manter em um rio de forma a assegurar a manutenção e a conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, pois já não existem as variabilidades naturais dos sistemas hídricos no Baixo São

Francisco, o que tem ocasionado transformações na paisagem, com consequências não só ambientais, mas também sociais e econômicas.

É visível na área em estudo o processo de erosão, mas vale ressaltar que de acordo com Ferreira (2015) a ocupação das áreas marginais ao curso d'água e os desmatamentos têm ocasionado o aumento dos processos erosivos nas suas margens, com consequentes assoreamentos do seu leito e formação de bancos de areia. A retirada da mata ciliar inegavelmente é um dos agravantes do processo erosivo em margens de rio.

A mata ciliar diz respeito a todas as formas de vegetação que estão associadas às margens de curso e reservatórios de rio e água, independente da sua área de ocorrência, de sua composição florística e localização (AB' SABER, 2004).

O uso e ocupação desordenados das margens do baixo curso do Rio São Francisco incorrem na degradação das margens, no empobrecimento do solo, no carreamento de partículas sólidas para o leito do rio e no assoreamento do leito do rio e em modificações da rota de navegação bloqueada pela formação de bancos de areia (ARAÚJO, *et. al.*, 2015).

Diante dos impactos já listados Santana *et. al.* (2015) acrescenta ainda que no período de 1980 a 2013, a vazão média que chega ao Baixo São Francisco foi reduzida em 48%, pois com a vazão regularizada eliminou-se a variabilidade sazonal de descarga fluvial que segundo Medeiros (2003), influencia diretamente na carga e descarga específicas de material em suspensão, que reduziram drasticamente ao longo dos anos.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa pesquisa foi originada por um embasamento teórico, atividades de campo e de laboratório. Adotou-se para a pesquisa o método hipotético-dedutivo, que de acordo com Sposito (2004) aborda as ciências naturais nos estudos geográficos, método este também adotado em pesquisas experimentais por Bezerra (2011) e Mendonça (2006).

A análise da dinâmica dos processos erosivos é realizada mediante o modelo GTP (Geossistemas, Território, Paisagem) (Bertrand, 1971) a partir da análise sistêmica na interação sociedade e natureza no espaço geográfico, considerando-se os sistemas naturais e as intervenções sociais no meio ambiente, pois é nessa interação que se desenvolve o estudo da paisagem. Desta forma, os processos que influenciam diretamente ou indiretamente a dinâmica dos processos erosivos nas margens direita do Rio São Francisco foram analisados numa visão sistêmica, entre os aspectos sociais, ambientais e econômicos.

O modelo GTP adotado na pesquisa é aplicado nos estudos que relacionam o meio ambiente às questões sociais, pois a própria configuração da paisagem reflete as transformações sociais e ambientais, tornando-se indissolúvel a relação sociedade natureza nesse modelo de avaliação da paisagem. Esse modelo permite também fazer uma análise sistêmica das transformações na paisagem resultante da ação direta do homem na natureza. As pesquisas ambientais do espaço geográfico tem ênfase na paisagem a partir do modelo sistêmico que considera todos os elementos que compõem o meio ambiente incluindo suas relações sociais.

Os estudos que abordam o modelo do GTP, como parâmetro principal de suas análises, têm que buscar nas subdivisões das unidades geográficas no qual está inserido um determinado meio, a explicação para cada inter-relação dos processos envolvidos na construção do espaço geográfico (BARBOSA, 2013).

O modelo GTP foi aplicado na análise da dinâmica dos processos erosivos no BSF bem como no estudo integrado dos fatores atuantes no impacto da erosão dos solos e a relação direta da sociedade e a natureza. Buscou-se desta forma, além de compreender os processos erosivos, avaliar técnicas para a mitigação da problemática ambiental da erosão, juntamente com o envolvimento direto das comunidades que vivem no BSF.

A pesquisa é caracterizada como experimental, pois de acordo com Gil (2010, p. 32), consiste essencialmente em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes

de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. A escolha desse modelo de pesquisa consiste na necessidade de monitoramento e análise de variáveis em campo e laboratório, contemplando análises quantitativas através de um experimento em campo com análises em laboratório.

Gil (2010) destaca ainda que a pesquisa experimental pode ser desenvolvida em laboratório ou não, desde que apresente as seguintes propriedades: manipulação, controle e distribuição aleatória. Como afirma Severino:

A pesquisa experimental toma o próprio objeto em sua concretude como fonte e o coloca em condições técnicas de observação e manipulação experimental nas bancadas e pranchetas de um laboratório, onde são criadas condições adequadas para seu tratamento. Para tanto, o pesquisador seleciona determinadas variáveis e testa suas relações funcionais, utilizando formas de controle (SEVERINO, 2007 p. 123).

Quanto aos objetivos propostos neste trabalho de pesquisa classifica-se como explicativa este que têm como propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos (GIL, 2010, p. 28).

Os instrumentos de pesquisa utilizados foram Roteiro de Entrevista (Apêndice A), Termo de Consentimento (Apêndice B), Questionário com perguntas abertas e fechadas (Apêndice C), além de todos os equipamentos necessários para os trabalhos de campo e laboratório os quais são apresentados nos procedimentos metodológicos.

Após o levantamento bibliográfico, a pesquisa seguiu com as etapas de campo e laboratório, sendo que a primeira etapa contemplou o monitoramento da erosão no talude na margem direita do Baixo São Francisco Sergipano, na segunda etapa foi realizada a confecção dos geotêxteis seguida dos testes para controle de erosão no talude em campo e laboratório (Figura 05).

O material coletado em campo foi processado no Laboratório de Erosão e Sedimentação – LABES da Universidade Federal de Sergipe. Os dados quantitativos foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel 2010 (APÊNDICES D, E, F, G, H, I, J, K).

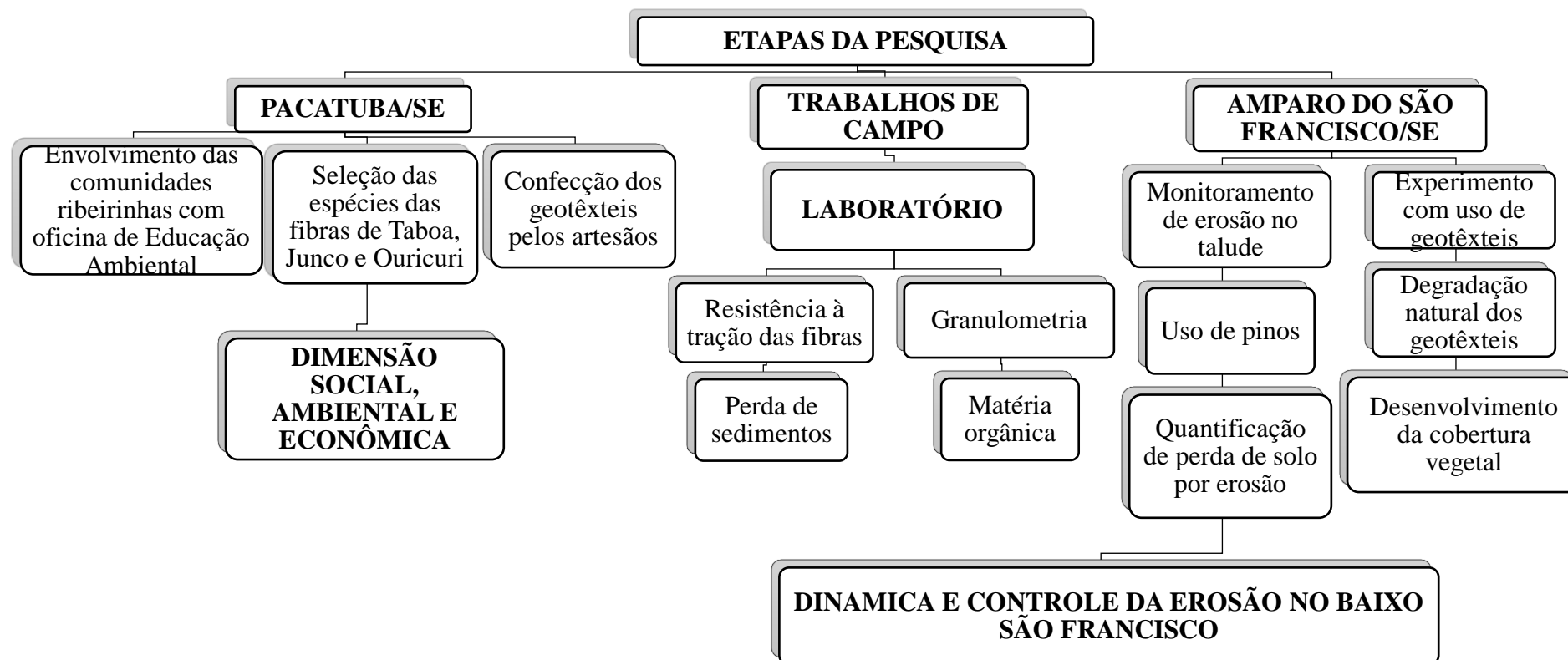


FIGURA 05 - Fluxograma com as Etapas da Pesquisa
Fonte: Autora, 2016.

4.1 Monitoramento de Erosão em Talude

A área de estudo escolhida para compreensão e quantificação da magnitude e variação espaço temporal das taxas de erosão na margem direita do Baixo São Francisco foi um talude marginal, localizado em terras do município de Amparo do São Francisco/SE. O trecho do rio apresenta uma morfologia de alguns bancos arenosos sentido jusante da UHE Xingó com a divisão de fluxo das águas (Figura 06).

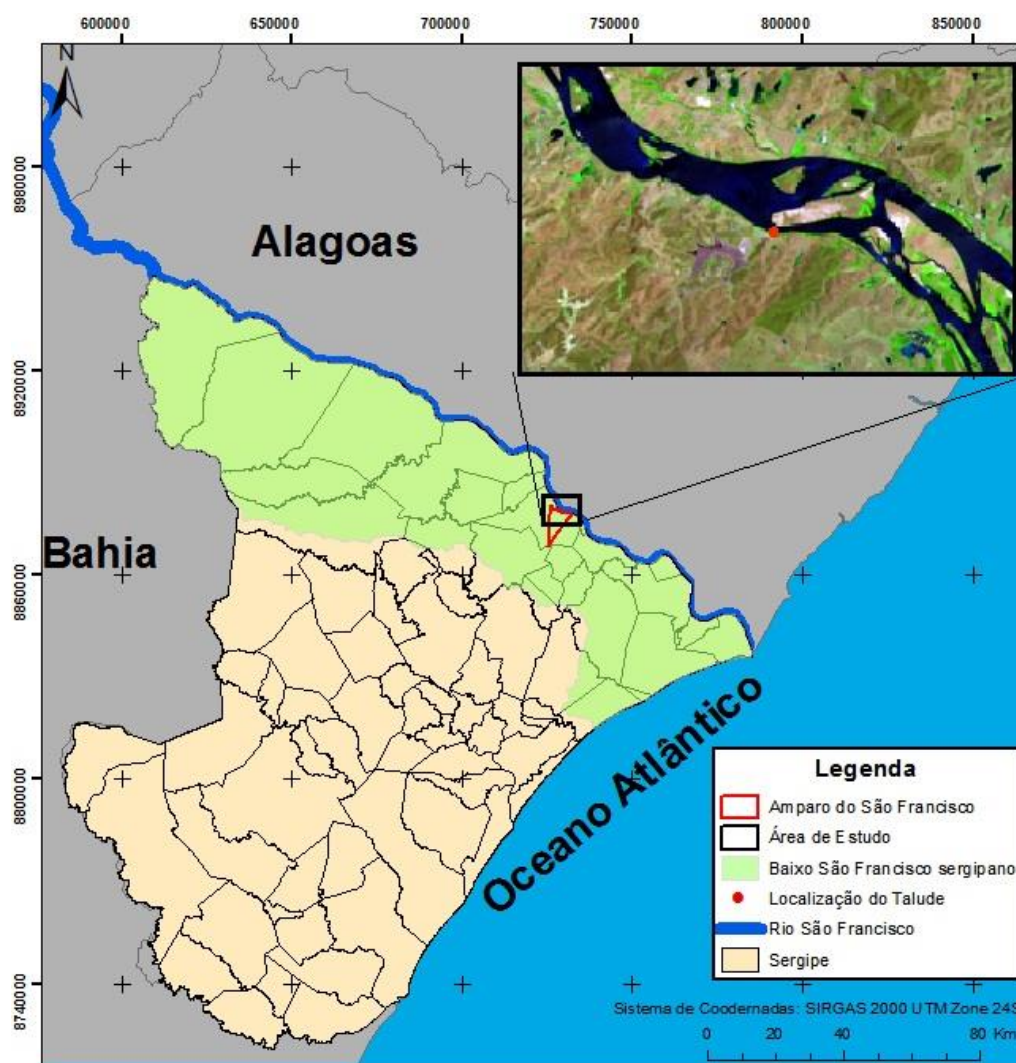


FIGURA 06 – Localização do talude para monitoramento da erosão no Baixo São Francisco no Município de Amparo do São Francisco.

Fonte: Autora, 2016

O solo da área em estudo é classificado como Neossolo Flúvico (HOLANDA, 2000). O Clima da região é quente, do tipo semiúmido, com temperatura média anual de 25°C, e apresenta estações chuvosas no inverno, entre os meses de março e setembro com precipitação de 800 a 1.300 mm (OEA, 2004).

O talude possui aproximadamente 80 m de comprimento e 3 m de altura, encontrando-se verticalizado com 90° de declividade e sem proteção em virtude do avanço do processo erosivo (Figura 07 - A), tendo sido implantados pinos para monitoramento amplo da erosão, segundo ensaio iniciado no ano de 2013 por Rocha (2014), com continuadas medições mensais a partir de novembro de 2014 até novembro de 2015. O uso dos pinos de erosão consiste na mensuração periódica da exposição de pinos metálicos inseridos na face de um talude (WOLMAN, 1959).

Embora seja um método simples, tem sido amplamente utilizado por ser confiável e de baixo custo para medir esta variável em taludes verticalizados (HOOKE, 1979; LAWLER, 1993; HENSHAW *et al.*, 2012; BAĞ *et al.*, 2013). As especificações dos pinos utilizados seguiram as recomendações de Fernandez (1996) para uso do método de pinos e para o estudo do processo erosivo em rios (Figura 07 – B).

Os pinos receberam uma camada de tinta zarcão para proteção contra corrosão, e duas camadas de tinta de cor semelhante a do solo do talude, para camuflá-los na margem e para protegê-los contra vandalismos (Figura 07 – C). Na extremidade de cada pino foi fixada uma plaqueta de alumínio contendo a identificação do mesmo (ROCHA, 2014). O monitoramento dos pinos em campo foi realizado com uso de régua graduada, medindo a exposição desses pinos, e os valores alcançados foram tabulados e analisados para quantificar o volume de solo perdido por erosão (Figura 07 - D).

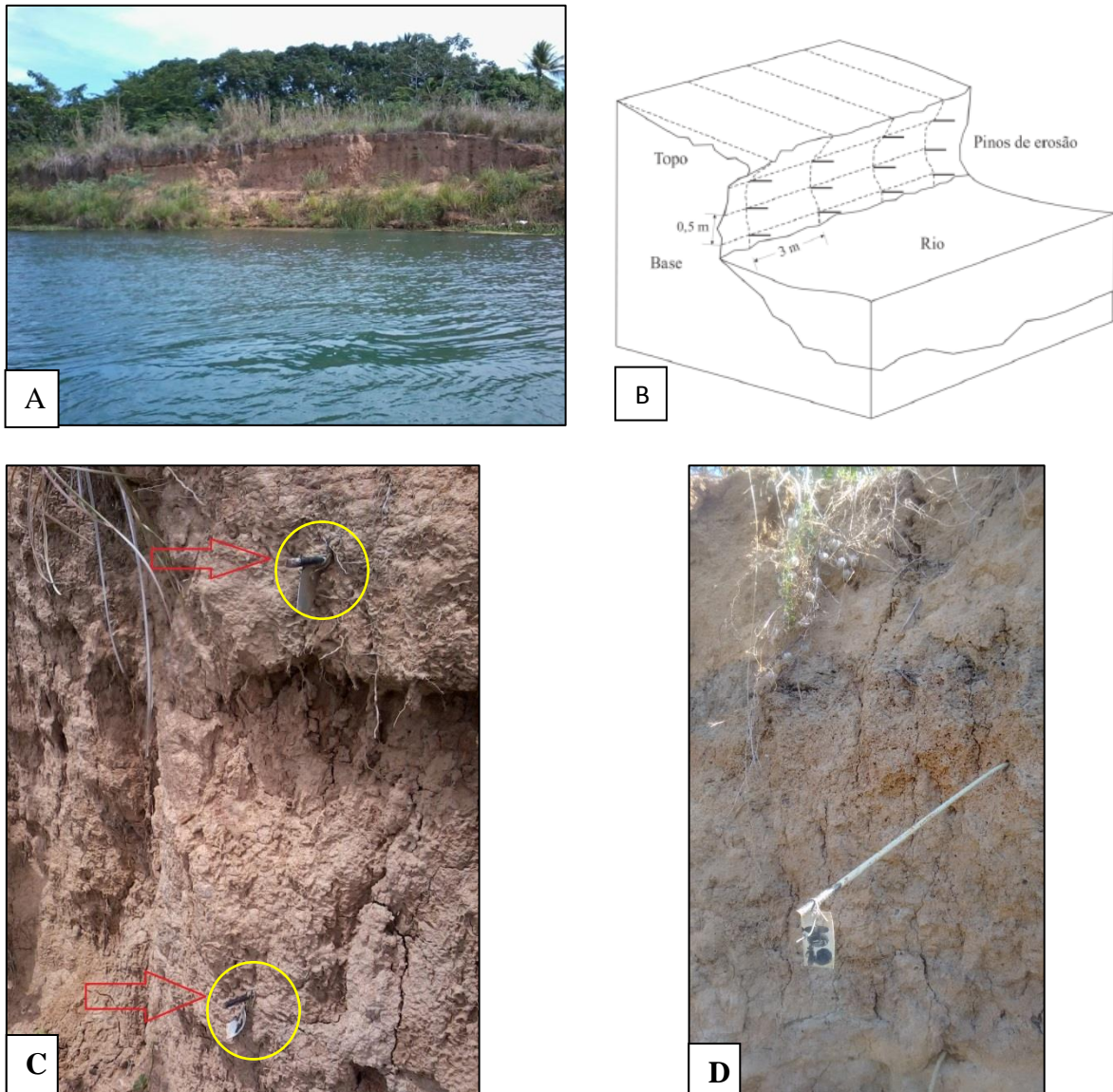


FIGURA 07 – Talude erodido na margem direita do Baixo São Francisco (A); Disposições dos pinos para monitoramento da erosão (B); Pinos no talude (C) e Pino exposto no talude (D).
Fonte: Autora, 2013

Ao total, foram instalados 99 pinos de aço com 1,0 m de comprimento e 0,006 m de diâmetro, distribuídos em 24 linhas verticais, equidistantes 3,0 m, com espaçamento vertical de 0,5 m (HOOKE, 1979), formando uma malha regular de $3,0 \times 0,5$ m (Figura 08).

Realizou-se um levantamento batimétrico, conhecido como o perfil transversal do leito principal do rio, entre a margem direita e uma barra arenosa em frente ao talude na margem do rio, e estabelecidas duas seções nos limites do talude, uma no início do talude (S1) e outra no final (S2).

Segundo Fontes (2002, p. 156) “a forma da seção transversal do canal revela a posição ocupada pelo talvegue e canais secundários e as suas relações geométricas com a margem”. O talvegue que corresponde à linha de maior profundidade do rio exerce influência na erosão da margem. A corrente exerce uma pressão de cisalhamento sobre o material da margem e as forças atrativas exercidas pela corrente acabam por levantar e arrastar as partículas constituintes do material da margem (FONTES, 2002, p. 153). Desta forma existe uma relação direta entre o talvegue, as curvas do rio e o processo de erosão das margens, e a magnitude da erosão irá depender das características do material da margem, velocidade do fluxo, bem como do tempo em que o talvegue irá permanecer mais próximo à margem.

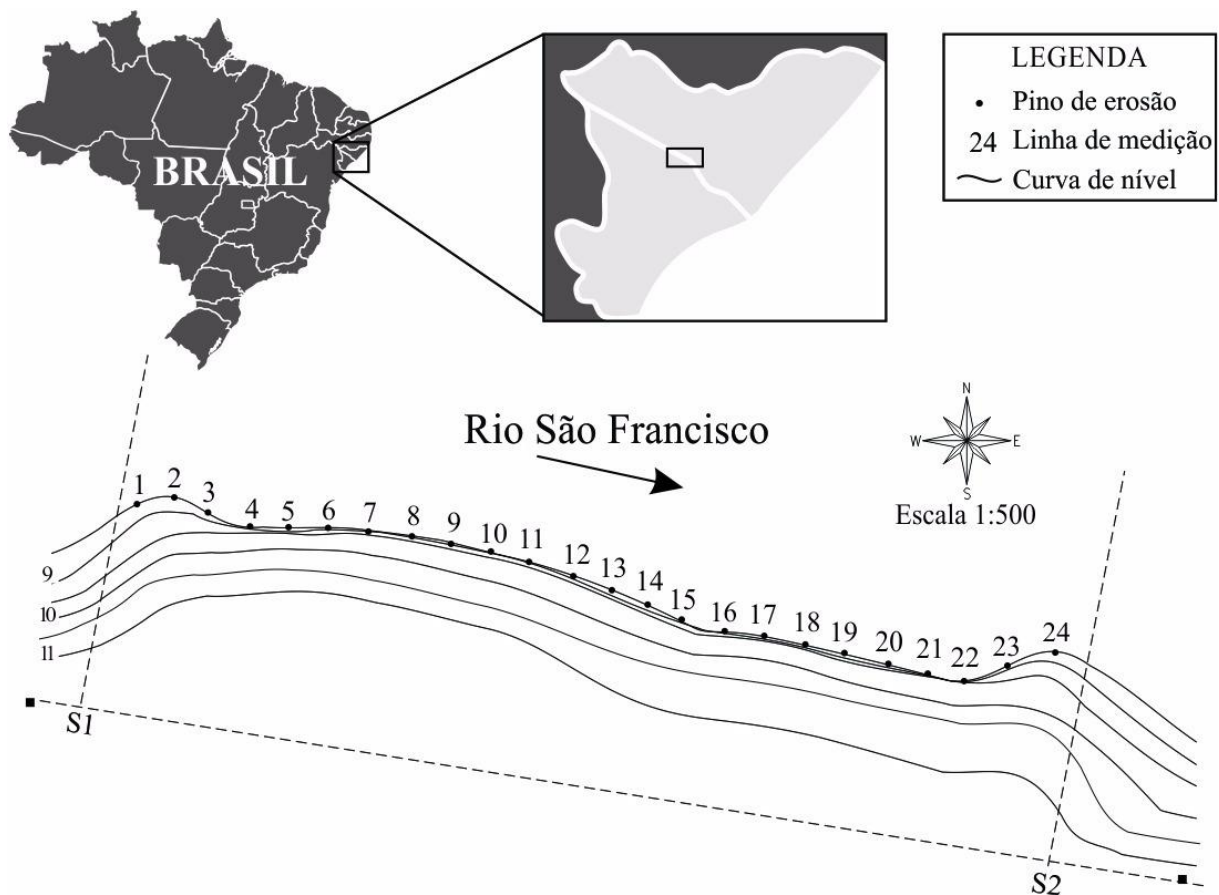


FIGURA 08 - Posição das seções transversais e pontos de instalação dos pinos no talude
Fonte: Adaptado de Rocha (2014).

A magnitude da erosão foi calculada após cada medição seguindo a Eq. 1.

$$(1) ME = \frac{L_1 - L_0}{t} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

ME - magnitude da erosão (mm ano^{-1})

L_1 - comprimento da parte exposta do pino no momento da leitura (mm)

L_0 - comprimento da parte exposta do pino rebatido após a leitura (mm)

t - tempo transcorrido entre cada medição (ano)

O volume de solo perdido foi determinado multiplicando o comprimento do pino exposto por sua área representativa: $1,5 \text{ m}^2$ ($3,0 \times 0,5 \text{ m}$). Para verificar a influência da precipitação nos processos erosivos marginais do trecho experimental, os dados de precipitação foram confrontados com as taxas de recuo da margem.

A série com os dados de precipitação foi obtida junto à estação pluviométrica convencional de Propriá (01036048), coordenadas UTM 8.869.978,450 N e 738.388,286 E, Datum SAD69, Zona 24S, gerenciada pela ANA e operada pela CPRM, no período compreendido entre os meses de novembro de 2014 a novembro de 2015 (INMET, 2013). Os dados de precipitação foram comparados com as taxas de recuo da margem para compreender sua influência no processo de erosão do talude.

As séries históricas contendo os dados de vazão e cota foram obtidas junto à estação fluviométrica convencional de Propriá (49705000), coordenadas UTM 8.870.010,209 N e 738.236,275 E, Datum SAD69, Zona 24S, gerenciada pela (ANA) e operada pela CPRM, para o ano de 2014 e 2015, sendo os dados de cota amarrados à RN IBGE 2541U, localizada na ombreira direita da ponte que liga o município de Propriá, no Estado de Sergipe ao município de Porto Real do Colégio, no Estado de Alagoas, distante aproximadamente 15 km jusante do talude monitorado. A estação fluviométrica de Propriá está localizada na calha fluvial do rio e sua área de drenagem é de 631.000 km^2 e está à 2.574 km de distância da nascente do rio (ANA, 2014).

Os dados de vazão, cota e precipitação foram tabulados e apresentados em forma de gráficos para uma melhor compreensão dos resultados alcançados com a pesquisa. As taxas de erosão foram avaliadas mês a mês e ao final apresentado todo o comportamento da perda de solo nos 24 pinos monitorados ao longo do talude em tabelas e figuras.

4.2 Processos Erosivos em Taludes Fluviais

Durante o período de monitoramento dos pinos no talude, apenas 05 dos 99 pinos não apresentaram ocorrência de erosão (17, 18, 20, 21, 24), estes que estavam posicionados mais próximos à posição S2 no sentido montante, os demais confirmaram a presença de erosão no talude, com um volume total de 20,15 m³ de solo erodido (Tabela 01). Este valor foi considerado abaixo do total registrado por Rocha (2014) de 35,26 m³ de solo perdido no mesmo talude nos anos anteriores. Vale o registro que no período anteriormente monitorado o rio apresentava uma vazão da ordem de 2.200 m³/s, diferentemente do período novembro de 2014 a novembro de 2015 que estava em torno de 1.100 m³/s. Os processos erosivos promovem maiores perdas de solo em períodos de maior vazão (FONTES, 2002; ROCHA, 2014).

TABELA 01 – Volume de solo erodido (m³) nas 24 linhas de medição no talude

Linha De Pinos	Volume de solo (m ³)	Linha de Pinos	Volume de solo (m ³)	Linha de Pinos	Volume de solo (m ³)	Linha e Pinos	Volume de solo (m ³)
S1				S2			
1	1,19	7	3,37	13	0,11	19	0,22
2	0,03	8	1,89	14	0,17	20	0,00
3	0,13	9	2,38	15	0,12	21	0,00
4	0,02	10	0,21	16	0,08	22	0,38
5	3,30	11	0,33	17	0,00	23	1,82
6	4,38	12	0,02	18	0,00	24	0,00
Total*	9,05		8,2		0,48		2,42
CV (%)	44,91		40,70		2,39		12

CV- Coeficiente de variação

* valores entre parênteses representam a percentagem do total de solo perdido

Outros focos de erosão do solo em talude, na margem direita do Baixo São Francisco em um trecho mais jusante já tinham sido identificados em estudos anteriores (CASADO, 2000; FONTES, 2002; BANDEIRA, 2005). Em um período de análise de fevereiro de 1999 a julho de 2000, na margem direita do rio São Francisco no trecho do Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba, Casado (2000) constatou uma perda de solo com recuo da margem do rio em três seções. As taxas anuais de erosão (recuo da margem) foram 8,30 m seção A; 47,30 m na seção B e 4,45 m na seção C.

As maiores perdas de solo correspondem aos pinos 5 a 9 localizados próximos a S1, contabilizando 15,32 m³ de solo erodido, 76,02% do total. Fazendo um comparativo com os resultados alcançados por Rocha (2014), esses mesmos pinos no seu monitoramento realizado

em 2013 foram os que apresentaram os menores valores de perda de solo, o que evidencia um processo de erosão ativo, mesmo que em menor proporção, confirmando que no processo erosivo ocorreu variabilidade espacial e temporal.

A distribuição das taxas de erosão marginal pode variar notadamente de um ponto para o outro da margem estudada, por serem variáveis as características morfológicas e sedimentológicas, além de que a ação da corrente não é igual em toda a extensão de uma margem (CASADO *et. al.*, 2002).

Alguns fatores podem estar relacionados diretamente a essa mudança do ponto de erosão registrado nos pinos monitorados na margem do rio. Segundo Rocha (2014) a explicação para a variabilidade espacial do processo erosivo, mesmo num pequeno trecho de margem, é dada pelo alto grau de variabilidade nos parâmetros de resistência do solo devido à estratificação das margens em camadas coesivas e não coesivas. Essa é uma característica dos Neossolos Flúvicos que são formados por sedimentos que são depositados nas margens dos rios e que não apresentam uma lógica pedogenética relacionada ao intemperismo de qualquer material rochoso presente no local, mas de forma indiscriminada reforça processos erosivos que ocorrem distantes daquele ponto, e que pelo fluxo do rio esse material é transportando e ali depositado.

Exatamente no trecho que apresentou o maior volume de perda solo, corresponde a área mais arenosa. Dados estes, confirmados através de análise de granulometria realizada antes do monitoramento que apresentou 947 g kg¹ de areia enquanto que a fração de argila correspondeu a apenas 2 g kg¹ e o silte 51 g kg³ (ROCHA, 2014). Mostrando ser uma área de solos com pouca coesão no talude, característico dos Neossolos Flúvicos que são solos que apresentam propriedades que podem variar consideravelmente a curta distância vertical e, ou, horizontal (OLIVEIRA *et. al.*, 1992).

De acordo com Casado (2000) nos resultados de monitoramento de erosão em talude, as maiores taxas de recuo da margem estão relacionadas com a presença de material arenoso, e conseqüentemente, sem coesão na base do talude.

Logo, a litologia e a granulometria do material constituinte das margens exercem um papel importante no seu grau de estabilidade e funcionam como fator facilitador ou inibidor ao avanço da erosão marginal, pois a resistência da margem à erosão está diretamente associada às características litológicas (FONTES, 2002, p. 171).

Quanto à magnitude, a perda de solo totalizou 102.298,78 mm ano¹, com os maiores valores encontrados nos meses de julho e agosto (Figura 09). Considerando que o mês de julho foi o que apresentou maior valor de precipitação com 154,6 mm (Figura 10), pode-se correlacionar a esse fator a incidência de uma maior erosão nesse período, associado à composição do material do talude com pouca coesão, como já apresentado anteriormente. Importante destacar que embora seja o período de maior precipitação na área estudada, não é o período de maior vazão, logo, essa maior perda registrada provavelmente se deve ao “encachoeiramento” resultante de deflúvio superficial de água proveniente das partes mais altas do talude, sem nenhuma relação com solapamento na base do mesmo.

Vale ressaltar que em ano anterior Rocha (2014) apresenta que o mês que ocorreu mais erosão no talude foi janeiro. Diferentemente desse estudo realizado em 2015 onde o mês de janeiro foi um dos que apresentaram as menores taxas de erosão como também baixa precipitação, explicada pelas baixas vazões praticadas mais recentemente pelo sistema CHESF por conta das restrições hídricas registradas nos últimos anos.

Desta forma, as variáveis ambientais foram incisivamente atuantes no processo erosivo, pois mesmo não havendo a ação direta do fluxo do rio nas margens, constatou-se um processo ativo de erosão. E considerando que a margem direita está situada na posição côncava do canal o que possibilitaria um maior processo erosivo diante da ação do fluxo, o que se registou com as baixas vazões foram menores perdas de solo comparado aos anos anteriores nos mesmos pontos.

Considerando a dinâmica do processo erosivo percebe-se a importância de uma avaliação constante dos fatores que atuam na erosão das margens do rio, visto que a erosão tem se mostrado diferente no espaço e temporalmente a cada ano, pois mesmo nas baixas vazões a precipitação e as características dos solos arenosos passaram a ser responsáveis pela perda de solo no período monitorado.

Só através de estudos futuros será possível confirmar quais serão os fatores responsáveis pelos processos erosivos diante da dinâmica geomorfológica constante do rio, pois diante das mudanças não só na vazão e cota, mas também no clima da área em estudo torna-se necessário um monitoramento constante da erosão no talude, na busca de compreender as causas da erosão. Desta forma, o passo seguinte deve buscar medidas mitigadoras para a contenção da erosão, evitando maiores impactos ambientais além dos que já são registrados no Baixo São Francisco Sergipano.

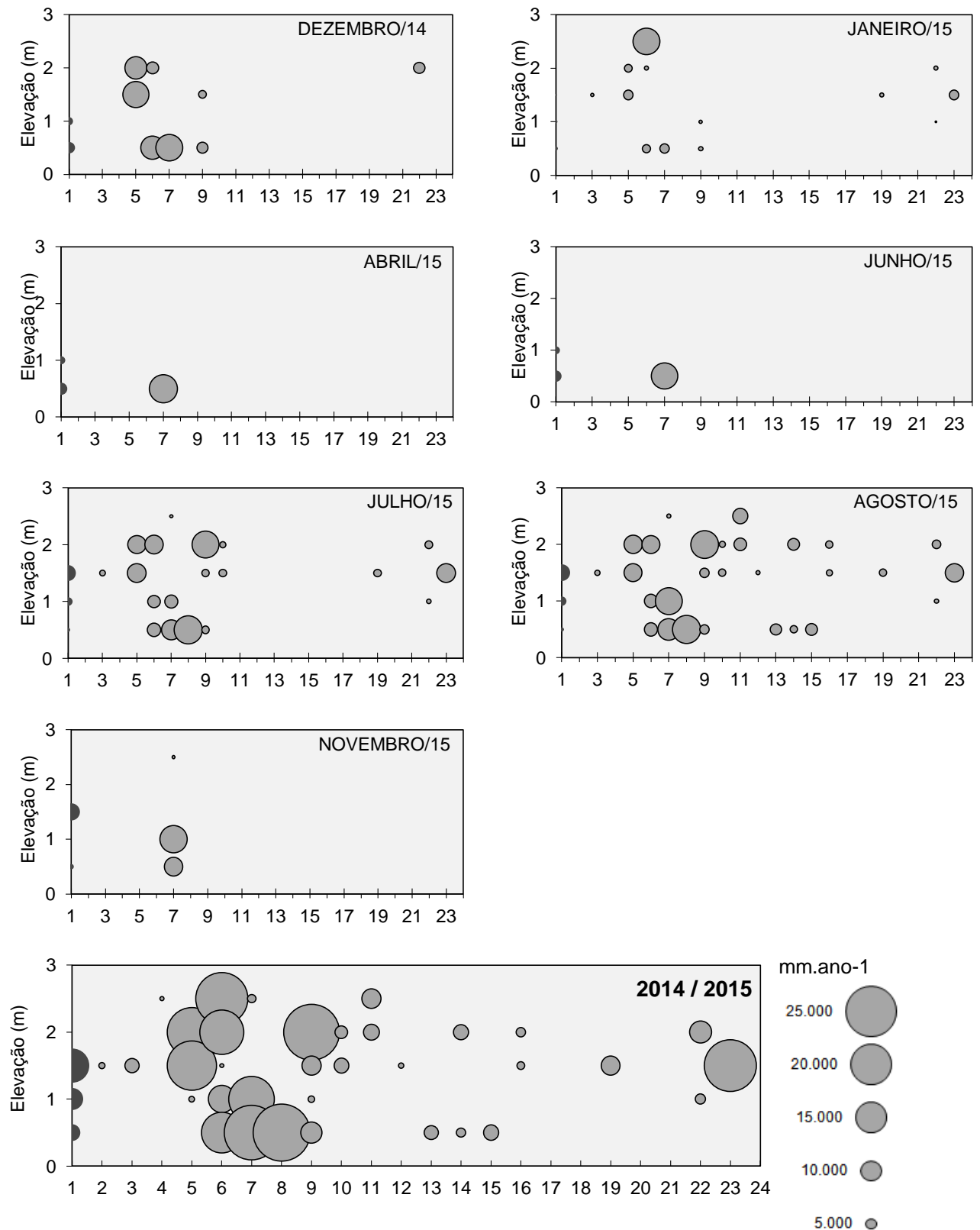


FIGURA 09 – Magnitude do processo erosivo nas 24 linhas de medição ao longo do período de Novembro de 2014 a Dezembro de 2015.

Fonte: Autora, 2016.

Pode-se considerar que no período avaliado por Rocha (2014) o fator erosivo mais atuante era o fluxo e refluxo do rio, pois o mesmo não relaciona a perda de solo à precipitação registrada no período, mas sim a variação da cota do rio, atuando na base do talude e ocasionando o solapamento da base com o de blocos de solo no talude.

No período de novembro de 2014 a novembro de 2015 foram registradas baixas precipitações, com um volume total de 687,50 mm em 12 meses, considerado um ano seco para a região (Figura 10). Outro fator considerado na análise de perda de solo no talude foi a geometria do leito, que apresenta a maior aproximação ou distanciamento do talvegue à margem do talude.

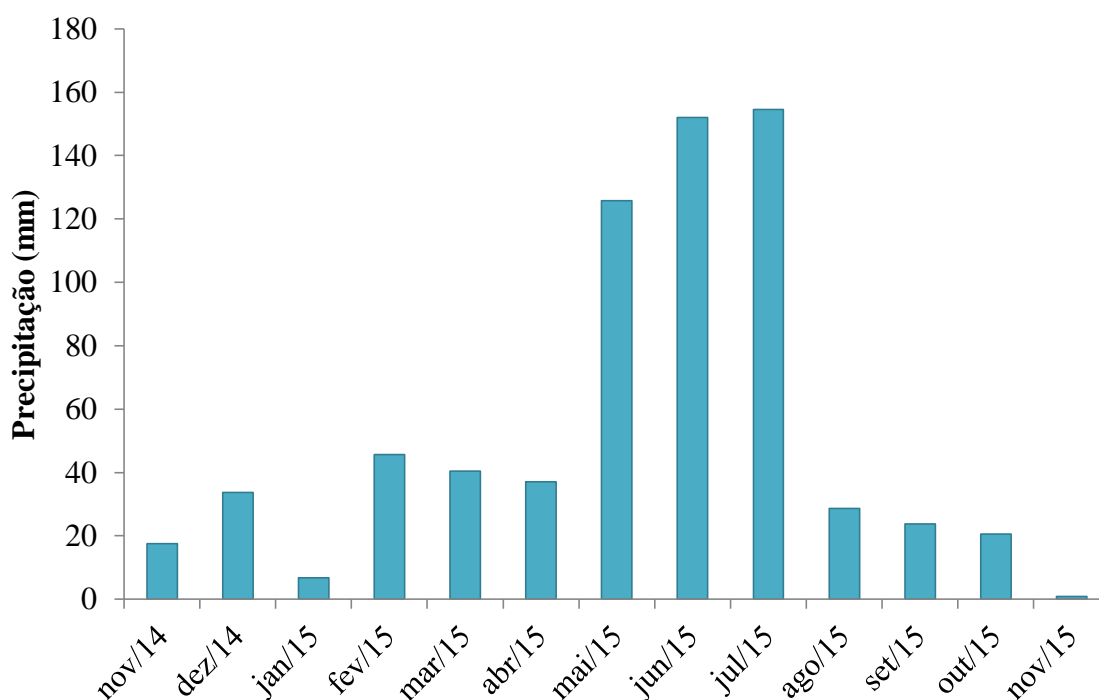


FIGURA 10 – Precipitação mensal acumulada no período de Novembro de 2014 a Novembro de 2015.

Fonte: INMET

A avaliação da seção transversal é um indicador da influência que o fluxo de corrente principal exerce sobre a margem. Logo, o distanciamento da margem em relação ao canal principal ou talvegue resultará na menor susceptibilidade à ação dos processos erosivos nas margens, decorrente entre outros fatores da menor velocidade da corrente (FONTES, 2002). Em estudos realizados pelo citado autor na maioria dos trechos que foram evidenciados focos de erosão, o talvegue encontrava-se a poucos metros da margem.

A linha do talvegue pode modificar-se ao longo do tempo como resultado da própria dinâmica fluvial. Assim, trechos de margens anteriormente distantes do talvegue e que, portanto, sofriam pouco ou nenhum processo erosivo, passa a apresentar erosão intensa.

É importante ressaltar que estudos realizados por pesquisadores que analisaram fotografias aéreas e imagens de satélites confirmaram que desde o final da década de 1980 o talvegue do baixo curso do Rio São Francisco tem se posicionado adjacente e avançando continuamente em direção à margem direita que corresponde ao estado de Sergipe (FONTES, 2002).

Nas duas seções batimétricas avaliadas durante três anos foi observado que ocorreu gradativamente dos anos de 2013 a 2015 um distanciamento do talvegue em relação à margem direita do rio. Porém a maior distância registrada foi na seção (S1) com 80 m (Figura 11). Ressalta-se aqui que essa dinâmica do leito ocorreu no trecho onde registrou-se a maior perda de solo no talude sentido jusante do rio. Mas é importante destacar que nesse período (2015) foi evidenciada erosão na barra arenosa que fica na outra margem do rio, em frente ao talude não registrado anteriormente.

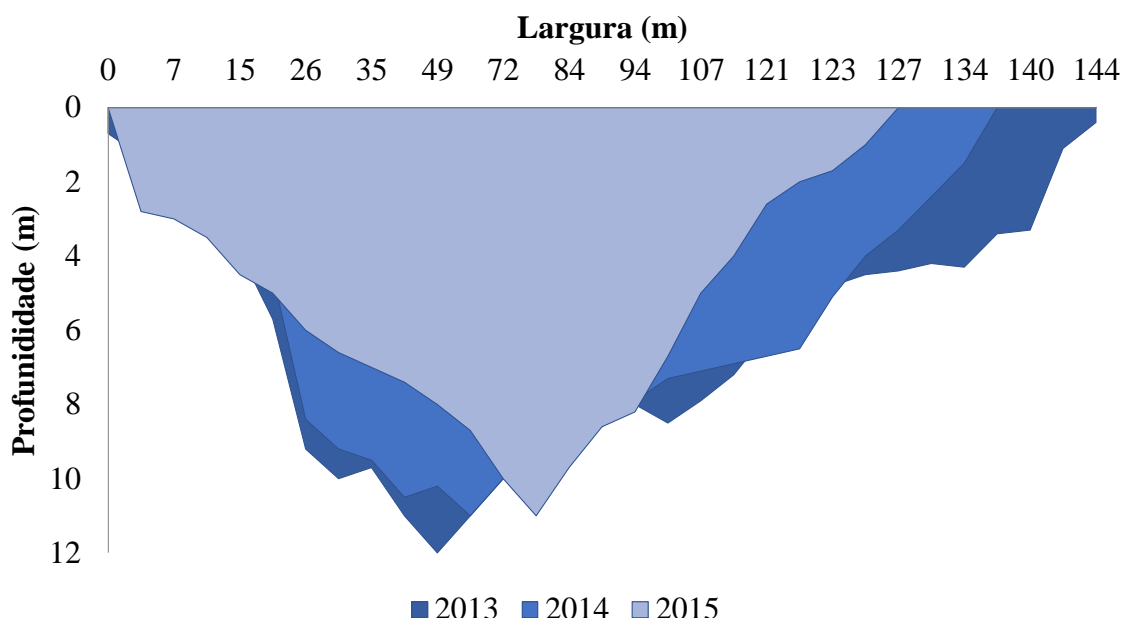


FIGURA 11 – Perfil transversal, Seção Batimétrica (S1). O ponto “0” é a margem direita do rio, e o ponto “144” é a barra arenosa.

Fonte: Autora: 2016

A perda de solo que ocorreu no talude registrado nos pinos localizados nas proximidades dessa área não sofreu ação direta do fluxo e refluxo do rio, pelo menos no

período de monitoramento, quando o rio São Francisco apresentou baixa vazão, inclusive com o abaixamento da cota.

Diferentemente dos resultados encontrados por Rocha (2014) no mesmo talude em ano anterior, a menor distância entre o talvegue e a margem contribuiu para a maior taxa de perda de solo. Isso ocorreu porque a zona de maior profundidade do leito, onde se concentra o núcleo de maior velocidade e turbulência do fluxo, confere maior aporte de energia cinética transferida para os solos da margem.

Na seção batimétrica S2 o distanciamento do talvegue foi de 60 m em relação a margem, menor que a seção S1, destacando que esse distanciamento ocorreu progressivamente durante três anos (Figura 12). Os pinos de monitoramento de erosão no talude que localizavam-se mais próximos a essa seção não registraram erosão durante o período monitorado, a exemplo dos pinos 20, 21 e 24. O que se confirma mais uma vez que a velocidade do fluxo influenciada pela aproximação do talvegue não foi o fator causador da perda de solo, visto que as baixas vazões e cotas registradas no rio eram visíveis na área com o rebaixamento do nível no rio, e as águas não chegaram a atingir a base do talude, o que ocasionou um menor processo erosivo.

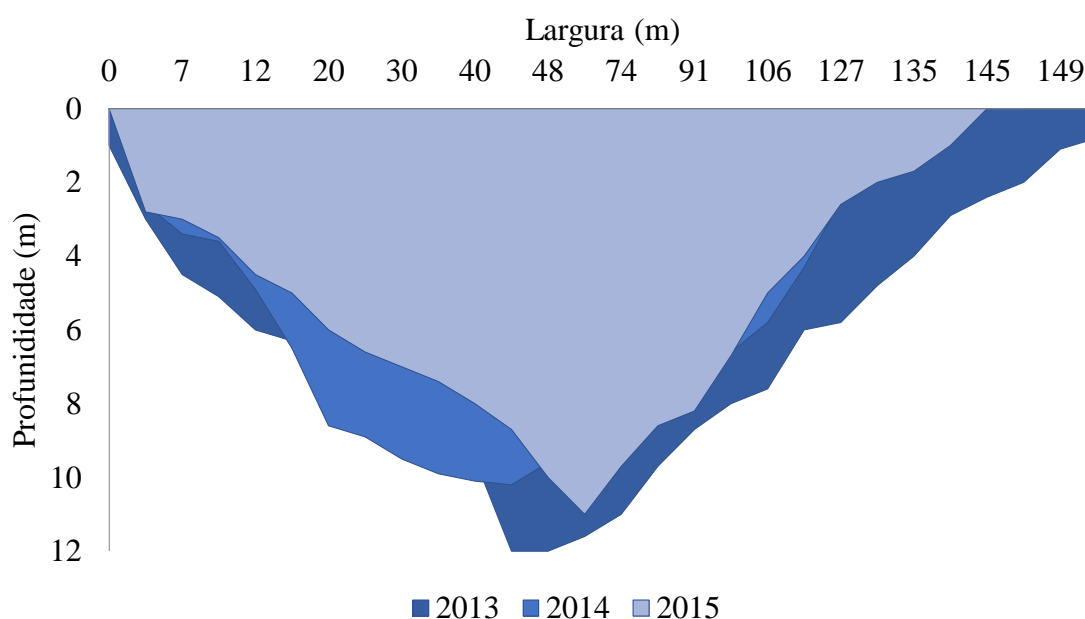


FIGURA 12 – Perfil transversal Seção Batimétrica (S2). O ponto “0” é a margem direita do rio, e o ponto “149” é a barra arenosa.

Fonte: Autora, 2016

As constantes mudanças no perfil batimétrico do rio é resultado da própria dinâmica fluvial influenciada pela vazão regularizada, que reduziu consideravelmente a cota expondo

cada vez mais o talude. Por isso o perfil batimétrico serve como um indicador ao avaliar os processos de erosão em margens de rio, pois este pode influenciar direta ou indiretamente nos processos erosivos, além de se refletir nas mudanças geomorfológicas do canal do rio.

Segundo Fontes (2002) diante da exposição de um talude à processos erosivos, mesmo que não esteja sujeito às cheias do rio devido a baixas vazões, e somente a ação do vento e pluvial, podem continuar existindo processos erosivos, ainda que de baixa magnitude. Ratificando os resultados dessa pesquisa realizada em anos em que o fluxo do rio não foi o agente ativo principal no processo de erosão, mas outros fatores já citados.

Santos (2016) ao realizar estudos quanto à produção de sedimentos no Baixo São Francisco, nessa mesma área, afirma que houve um decréscimo progressivo na produção total de sedimentos em suspensão quando comparado ao longo dos anos de 2013, 2014 e 2015, devido não só à redução da vazão do rio, mas também à proteção conferida pelas técnicas de bioengenharia de solos adotadas.

A vazão apresentou variações durante o período em estudo com média máxima mensal de 1.284,142 m³/s no mês de maio, e a mínima mensal 1.031,031 m³/s no mês de outubro (Figura 13). A vazão controlada tem ocasionado impactos não só de ordem ambiental, mas também social e econômica. Levados por essas alterações da vazão, tem se buscado analisar os processos erosivos nas margens do rio.

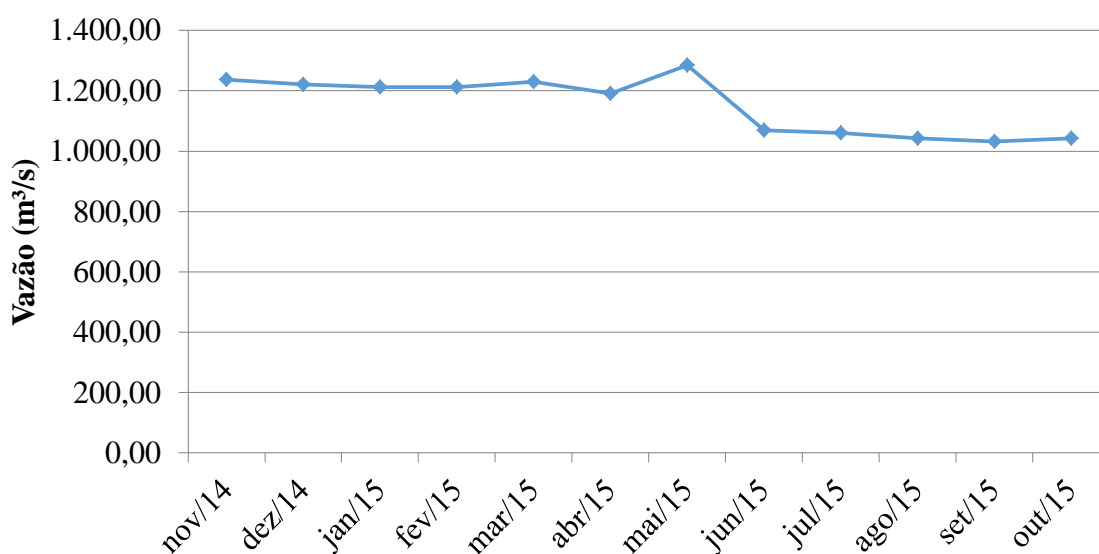


FIGURA 13 – Variação da vazão do baixo curso do rio São Francisco no período de Novembro 2014 a Outubro 2015.

Fonte: HidroWeb – ANA, 2015

A cota do Rio São Francisco no seu baixo curso apresentou uma redução durante o período em estudo, apresentando seu maior valor em maio com 104 cm, pois todos os outros meses apresentaram redução com o menor valor registrado no mês de outubro de 2015 que chegou a 69 cm (Figura 14). Esses valores confirmam as variações observadas em campo, pois houve um recuo das águas do rio.

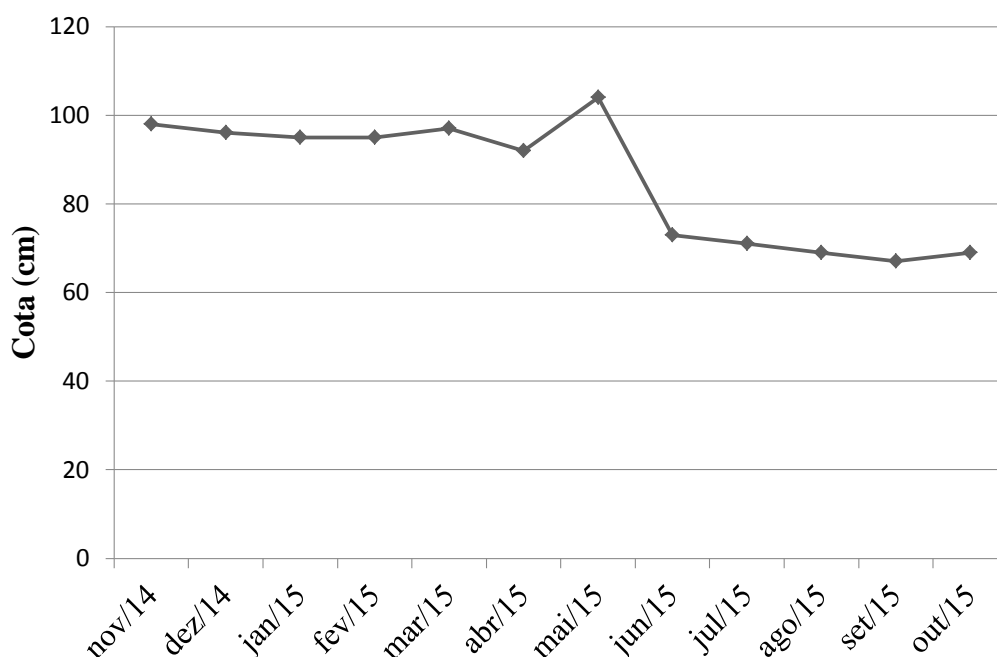


FIGURA 14 – Variação da cota do rio São Francisco no baixo curso no período de Novembro 2014 a Outubro 2015.

Fonte: HidroWeb - ANA, 2015.

Alguns fatores parecem ter atuado em conjunto no processo de erosão do talude marginal no Baixo São Francisco, dentre eles a composição física do solo, a pluviosidade e, com menos intensidade, a variação da vazão e cota do rio.

4.3 Variações da Vazão no Baixo São Francisco Sergipano

Desde 2013, a bacia hidrográfica do Rio São Francisco vem enfrentando condições hidrológicas adversas, com vazões e precipitações pluviométricas abaixo da média, trazendo consequências para o armazenamento de água dos reservatórios do sistema CHESF. A Agência Nacional de Águas (ANA) considera a vazão média regularizada do Rio São Francisco de 2.846 m³/s. Este órgão define as regras de operação dos reservatórios, porém nos últimos anos tem-se observado uma diminuição constante na vazão do rio. Com grandes

consequências negativas no Baixo São Francisco Sergipano, onde o problema se intensifica com a alta evapotranspiração associada ao clima da região.

De acordo com a ANA a queda no armazenamento de água nos reservatórios, tem levado à medidas de baixa vazão, justificada pela sequência de quatro anos em que o volume de descarga dos reservatórios do Rio São Francisco é maior do que o volume de captação de água. No ano de 2013, a vazão considerada mínima em uma situação normal era de 1.300 m³/s, ou seja, a vazão de restrição ou vazão ecológica, o que já não é mais possível diante das baixas registradas nos reservatórios da bacia. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) tem solicitado autorização para flexibilizar a regra de descargas mínimas para Sobradinho e Xingó, e essa diminuição da vazão tem o objetivo de preservar o volume de água nos reservatórios, por causa da crise hídrica que afeta as regiões do Brasil. Todas as reduções de vazão são autorizadas por meio de resoluções aprovadas pela ANA. De acordo com a ANA (2015), o monitoramento dos reservatórios tem a função de realizar o acompanhamento dos seus níveis de água e das vazões afluentes e defluentes, servindo de suporte para a tomada de decisões sobre a sua operação, de forma a permitir o uso múltiplo dos recursos hídricos.

Nos últimos 04 anos (período em que se realizou a pesquisa em campo) foi possível perceber o abaixamento gradativo da vazão do rio com a redução da descarga mínima jusante do reservatório de Xingó.

No ano de 2012 (Figura 15 A) registrou-se uma atuação do fluxo do rio na erosão das margens ocasionando o solapamento da base com a derrubada de blocos de solo no talude. Nesse período o rio mantinha sua vazão mínima de 1.300 m³/s, vazão essa que foi diminuindo com o passar dos anos. No ano seguinte através de Resolução de nº 442/2013 a ANA autoriza a redução da vazão mínima de 1.300m³/s para 1.100 m³/s, vazão essa que perdurou por todo o ano de 2013 e 2014. Foi possível observar o recuo das águas do Baixo São Francisco com a exposição cada vez maior do talude verticalizado (Figura 15 B). Este que apresentava-se desprotegido de cobertura vegetal.

Segundo a ANA, o ano de 2014 foi considerado aquele com menor vazão média anual desde 1931. Diferentemente da situação observada nos dois anos anteriores, em 2014 iniciava-se um processo de desenvolvimento de cobertura vegetal nas margens do rio que ficava cada vez mais exposta (Figura 15 C). Esse comportamento hidrológico fez com que fossem tomadas medidas para redução ainda maior da vazão das águas do reservatório de Sobradinho e Xingó.

O ano de 2015 ficou marcado por sucessivas reduções na vazão defluente mínima do reservatório de Xingó. Apenas no primeiro semestre foi possível manter a vazão mínima de 1.100 m³/s podendo chegar a 1.000 m³/s nos feriados e domingos das 0h às 7h. Porém no segundo semestre através da Resolução de nº 499/2015 e 602/2015 a ANA autoriza a redução da vazão para 900 m³/s. Toda essa baixa da vazão tem trazido alterações na paisagem do Baixo São Francisco, além de outros impactos associados.

Com a vazão de 900 m³/s considerada muito baixa, houve um maior recuo das águas, o que possibilitou o desenvolvimento da vegetação na base do talude, antes coberto pelas águas do rio, não observado no ano de 2012. Vale ressaltar que essa vegetação que se desenvolveu não impede completamente a ação de agentes erosivos no talude, pois nos trechos verticalizados há a exposição de solo desnudo (Figura 15 D).

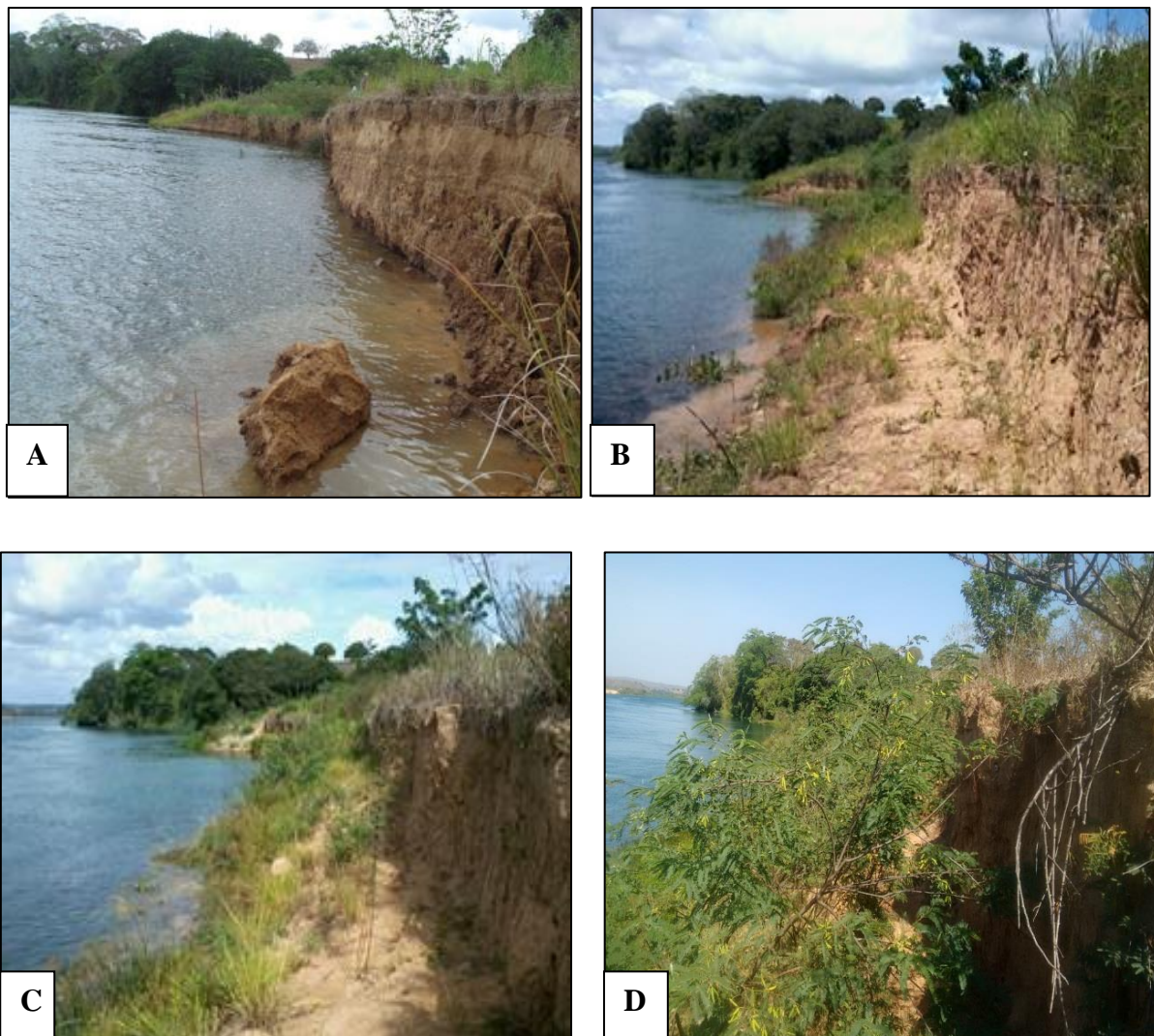


FIGURA 15 – Vista de talude no sentido jusante, no Baixo Curso do Rio São Francisco nos anos de 2012 - A, 2013-B, 2014 - C e 2015 - D. Amparo do São Francisco/SE.

Fonte: Autora, 2015.

Durante os quatro anos de estudo foi possível observar toda a dinâmica na diminuição da vazão, bem realizar uma análise comparativa através de registros fotográficos, realizados a cada ano do mesmo ponto observando o recuo do rio com as baixas vazões. No ano de 2015 até o encerramento desses estudos, a ANA autoriza mais uma vez através da Resolução de nº 1492/2015 a redução na vazão do reservatório de Xingó para 800 m³/s até janeiro de 2016, o que evidencia o agravamento da crise hídrica não só na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, com consequências no baixo curso do rio, mas também em reservatórios pelo País.

5 USO DE GEOTÊXTEIS PARA CONTROLE DA EROSÃO

A pesquisa foi realizada nos municípios sergipanos de Pacatuba/SE nos Povoados Tigre, Junça e Santana dos Frades, e em Amparo do São Francisco, especificamente no Baixo São Francisco Sergipano na margem direita do Rio São Francisco. No primeiro município foram confeccionados Geotêxteis com as fibras das espécies Taboa (*Typha latifolia* Linn.), Junco (*Juncus sp.*) e Ouricuri (*Syagrus coronata*) pelas artesãs da Associação de Apicultores e Artesãos dos Povoados Tigre e Junça (AAAPTJ). Toda a coleta das fibras foi realizada nos três povoados mencionados acima. Em Amparo do São Francisco foi instalada a área experimental para a realização dos testes em campo, onde foram testados os geotêxteis fabricados a partir das fibras naturais (Figura 16).

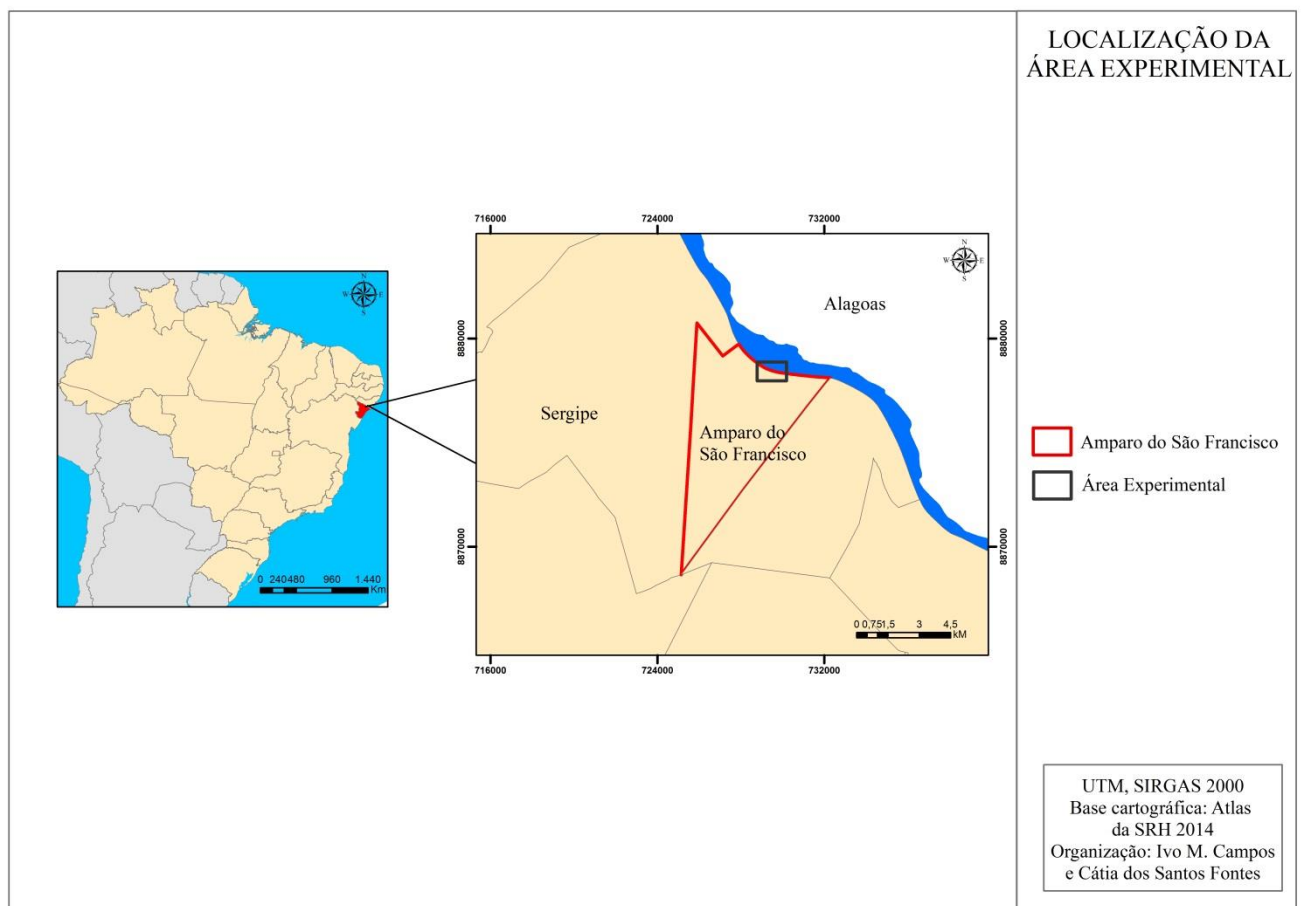


FIGURA 16 – Localização da área experimental em Amparo do São Francisco no Estado de Sergipe,

Fonte: Autora, 2016.

5.1 Trabalhos de Campo

Os trabalhos em campo foram iniciados em maio de 2013 com as primeiras visitas às áreas de ocorrência das fibras de Taboa (*Typha latifolia*, Linn.), Junco (*Juncus sp.*) e Ouricuri (*Syagrus coronata*) para confecção dos geotêxteis, como técnicas de contenção de erosão em taludes. Em seguida, foram realizadas as abordagens nas comunidades de artesãos para posterior confecção dos geotêxteis. Concluída a primeira etapa dos trabalhos no município de Pacatuba, deu-se início à segunda fase, em campo, relacionada à implantação do experimento na margem direita do Rio São Francisco, no município de Amparo do São Francisco. Esta segunda etapa foi conduzida no período de junho de 2014 à novembro de 2015. A terceira e última etapa pautou-se nas análises em laboratório através dos dados coletados em campo durante os anos de 2014 e 2015.

5.1.1 Produção de geotêxteis

Visando a manufatura dos geotêxteis a partir do processamento de fibras naturais foram conduzidos trabalhos em diferentes etapas. Inicialmente foi realizada a identificação das espécies de ocorrência local com potencial para fabricação de geotêxteis. Nesse sentido, junto às comunidades ribeirinhas do Baixo São Francisco foram identificadas as fibras comumente utilizadas na fabricação de peças artesanais como cestos, esteiras, bolsas, trançados para sandálias, etc., e que teriam potencial para numa adaptação serem utilizadas na fabricação de geotêxteis. Destacaram-se as fibras das espécies Taboa (*Typha latifolia* Linn.), Ouricuri (*Syagrus coronata*) e Junco (*Juncus sp.*), escolhidas dentre outras, pela sua versatilidade de usos nos vários trançados, assim como grande disponibilidade de matéria prima, então com grandes possibilidades na fabricação de geotêxteis.

A Taboa (*Typha latifolia* L.) é uma espécie rizomatosa que forma densos estandes em muitos ecossistemas aquáticos continentais do Brasil. É uma espécie dominante em comunidades de macrófitas aquáticas (Figura 17 A), típica de brejos, medindo cerca de dois metros, apresentando na época de reprodução espigas de cor café, contendo muitas sementes que se dispersam pelo vento (SILVEIRA *et. al.* 2007). Sendo altamente adaptável, encontra-se espalhada por todo o mundo, e em algumas partes é até mesmo considerada uma espécie

invasora, mas é também considerada uma depuradora de águas poluídas, absorvendo metais pesados (PORTO, 2015).

A fibra da Taboa é utilizada como matéria prima para confecção de artesanato, consistindo essa atividade em uma importante fonte de complementação de renda para as comunidades de artesãos. Em Sergipe destaca-se o município de Pacatuba/SE com a atividade artesanal e uso principalmente da Taboa pelas comunidades dos povoados Junça, Tigre e Santana dos Frades. Na fabricação de artesanato, após o corte e secagem ao ar livre (Figura 17 B), são confeccionadas peças com a utilização da fibra da Taboa (Figura 17 C).



FIGURA 17 – Espécie Taboa (A); Beneficiamento (B) e o Artesanato como produto final (C).

Fonte: Autora, 2013.

A fabricação de artesanato é uma atividade consolidada no Município de Pacatuba, com uma produção diversificada sendo as mais importantes: chapéus, bolsas, vassouras e esteiras, fabricados a partir do uso de taboa e ouricuri. Nesse sentido, Conceição (2012, p.65) afirma que “o artesanato da palha da taboa é rentável e não prejudicial às relações com a natureza, mas não é a única atividade com essas características que fizeram e ainda fazem parte do modo de vida das comunidades”.

Nos Povoados Tigre e Junça no município de Pacatuba/SE, destacam-se no uso da fibra de Taboa para o artesanato e mais recentemente o Povoado Santana dos Frades, que além de usar a Taboa, registra-se o uso da palha do Ouricuri.

O Ouricuri (*Syagrus coronata*) representante da família Arecaceae ocupa um lugar importante na composição da flora e da paisagem, tanto da faixa costeira como do interior dos diferentes estados que compõem a Região Nordeste do Brasil (RUFINO *et. al.*, 2008). Essa espécie é conhecida popularmente como, licuri, licurizeiro, coqueiro-cabeçudo além de ouricuri. É encontrada principalmente a leste do Rio São Francisco, em Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais, na caatinga e florestas semi-decídua, assim como nas zonas de transição para a restinga e o cerrado (LORENZI, *et. al.*, 2010). Em Sergipe é

utilizada para o artesanato na confecção de vassouras e chapéus. Em Pacatuba, no povoado Santana dos Frades destaca-se também no uso do Ouricuri. Após o corte da palha e a secagem ao ar livre são confeccionadas as vassouras artesanalmente (Figura 18 A, B e C)

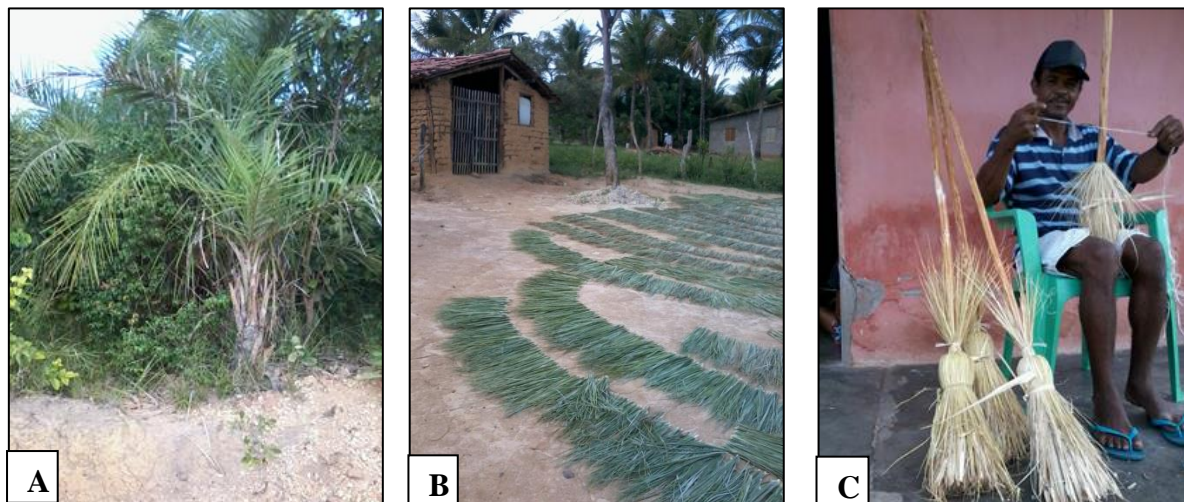


FIGURA 18 – Planta de Ouricuri (A); Beneficiamento (B) e a Confecção artesanal de vassouras como produto final (C).

Fonte: Autora, 2013.

Trabalhos realizados por Rodrigues (1996), na década de 90 já destacavam o uso dessas fibras para o artesanato, em especial o uso do Ouricuri para produção de chapéus e caçuás. Atualmente nas comunidades de artesãos, vem sendo considerada uma atividade complementar, mesclando-se com outras atividades agrícolas, na formação da renda das famílias. A fabricação do artesanato com uso da fibra do Ouricuri também é praticada em outros municípios no Baixo São Francisco Sergipano, como apresentado por Gonzaga (2009, p.89), no Povoado Lagamar em Brejo Grande o “artesanato produzido reflete a cultura da comunidade, e a própria história do lugar”.

O Junco (*Juncus sp.*) cresce em geral, nos alagadiços (Figura 19), sendo rico em celulose e sua palha fornece material para a fabricação de papel e esteiras e são encontradas em lugares pantanosos. O Junco é propagado por divisão de touceiras, pois são plantas rizomatosas que apresentam entre nós curtos em seus rizomas (ROESSING; PETRY, 2009).



FIGURA 19 – Junco em áreas alagadas no município de Pacatuba/SE.
Fonte: Autora, 2013.

Dentre as fibras selecionadas para a confecção dos geotêxteis, a fibra de Junco atualmente é a menos utilizada nas comunidades para o artesanato, devido a pouca resistência no momento do trançado, mesmo considerando a sua grande abundância nas áreas do Município de Pacatuba.

Selecionadas as espécies, seguiu-se para a etapa de mobilização das comunidades no Município de Pacatuba/SE, no litoral norte do estado, especificamente nos Povoados Tigre, Junça e Santana dos Frades, onde tradicionalmente trabalham na confecção de artesanato a partir de uso de fibras naturais de espécies de grande abundância no local.

Os primeiros contatos foram realizados por meio da Associação de Apicultores e Artesãos dos Povoados Tigre e Junça (AAAPTJ). Inicialmente foi realizada uma entrevista com o Presidente da Associação, orientada por um roteiro de entrevista (Apêndice A). Foram realizadas visitas de reconhecimento nas áreas de ocorrências das fibras (Figura 20), com os representantes das comunidades assim como reuniões posteriores com os associados para aplicação de questionário que esclareciam sobre a forma de extração, periodicidade com que realizam os cortes e o seu beneficiamento, assim como os usos das fibras.



FIGURA 20 – Áreas de ocorrência de Taboa e Junco no município de Pacatuba/SE.
Fonte: Autora, 2013.

Buscando uma maior interação e o envolvimento das comunidades foram realizadas oficinas e palestras com os artesãos, com o objetivo de apresentar as ideias iniciais sobre a confecção dos geotêxteis com as fibras selecionadas, que as comunidades sabiam manusear (Figura 21). Após sequenciados encontros e discussões, chegando-se ao estabelecimento de compromissos, todos os artesãos que se disponibilizaram ao engajamento nessa pesquisa assinaram um Termo de Consentimento (Apêndice B), baseado no cumprimento dos objetivos dos trabalhos que seriam realizados junto às comunidades, sendo posteriormente aplicados 30 questionários aos artesãos associados (Apêndice C).

Ao se conhecer os trabalhos nas comunidades percebeu-se a necessidade de se criar novas estratégias, para evitar a exploração dessas áreas com preocupação com a sustentabilidade dessa prática, buscando novos locais de coleta, ou até mesmo cultivando essas espécies, uma vez que é muito usada pelas comunidades ribeirinhas.



FIGURA 21 – Realização de oficinas para discussão dos objetivos propostos na pesquisa
Fonte: Autora, 2013.

Foi determinante para a qualificação desse trabalho a participação das comunidades na realização da pesquisa, uma vez que foi a partir dos saberes tradicionais sobre o uso das fibras

naturais, e a forma de manuseio na confecção de peças artesanais, que se buscou a necessária adaptação para a confecção dos geotêxteis, que posteriormente seriam utilizados para testes em campo, visando o controle da erosão.

5.1.2 Área experimental com uso de técnicas de bioengenharia de solos

O sítio experimental está localizado em área ocupada por solo classificado como Neossolo Flúvico, (HOLANDA, 2000), e situado na margem direita do Baixo Curso do Rio São Francisco Sergipano, no município de Amparo de São Francisco, Sergipe. O clima da região é quente, do tipo semiúmido, com temperatura média anual de 25 °C, e apresenta estação chuvosa no inverno, entre os meses de março a setembro com precipitação de 800 a 1.300 mm.

O ensaio experimental foi implantado em 11 de Junho de 2014 para ser monitorado durante 12 meses, levando em consideração a análise em dois períodos: chuvoso e seco em uma área de 12,4 m x 4m, com declividade de 16,6°, com arranjo experimental em blocos casualizados contendo 03 blocos com os seguintes tratamentos: Tratamentos com Geotêxtil de Taboa (GT), Tratamentos com Geotêxtil de Junco (GJ), Tratamentos com Geotêxtil de Ouricuri (GO) e Também tratamento com Solo sem geotêxtil (SN). Em todos os tratamentos foram colocadas calhas coletoras com sacos plásticos para coleta de sedimentos posteriormente analisados nos parâmetros: perda de sedimentos, transporte de sedimentos, granulometria e teor de matéria orgânica.

Para instalação dos tratamentos em campo foram realizados sorteios de posições em cada bloco para aleatorização dos tratamentos, com três repetições para cada um deles conforme croqui (Figura 22).

Foi utilizado Delineamento em Blocos Casualizados (DBC). Os dados obtidos em campo e laboratório, os de teor de matéria orgânica, perda de sedimentos e os valores de resistência à ruptura dos Geotêxteis em níveis de degradação natural, foram submetidos à análise de variância ao nível de significância de 5% (Teste Tukey) e processados no programa estatístico ASSISTAT (SILVA, 2002).

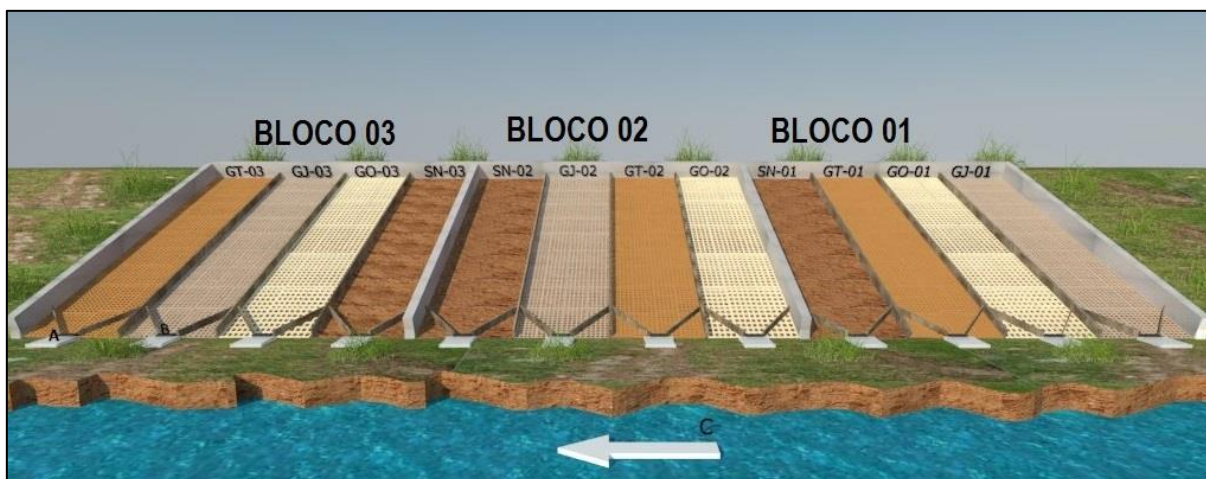


FIGURA 22 – Croqui da área experimental com Blocos e os diferentes tratamentos experimentais: tratamentos **GT** – Geotêxteis de Taboa; **GJ** – Geotêxteis de Junco; **GO** – Geotêxteis de Ouricuri e **SN** – Solo sem geotêxteis.

Fonte: Autora, 2013

Para a exposição às variáveis ambientais, e posterior teste de resistência, foram dispostos os geotêxteis no talude do sítio experimental. O local foi escolhido previamente devido à implantação de outra técnica de engenharia natural para contenção de erosão, a Parede Krainer que se constitui de estrutura formada por toras de madeiras grampeadas, preenchidas com solo, e recoberta por vegetação, com uma base de talude também formada por enrocamento. Inicialmente foi realizada uma limpeza da área e retaludamento manual do local (Figura 23 - A).

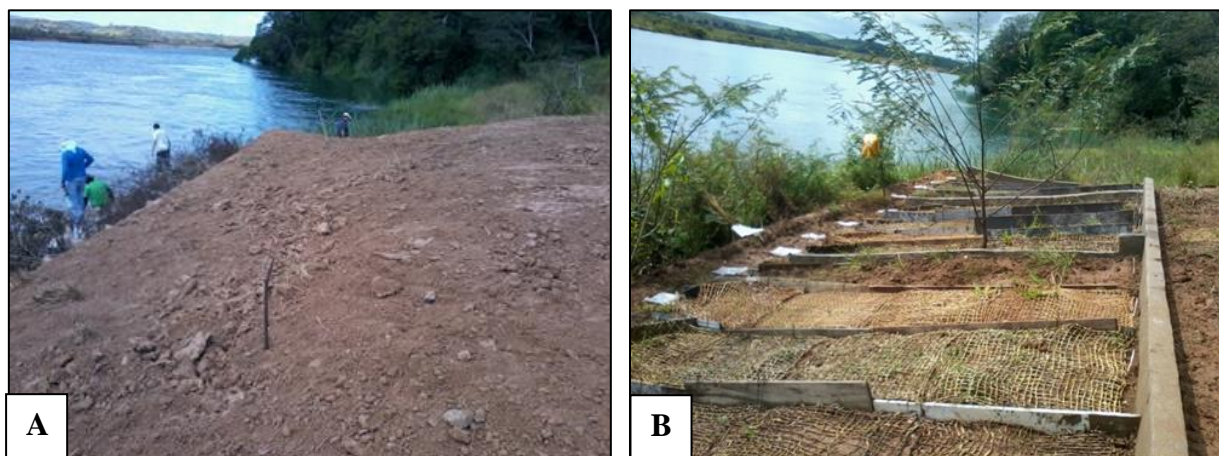


FIGURA 23 – Área experimental anterior à implantação do experimento (A). Vista da área experimental após a implantação do experimento (B). Amparo do São Francisco/SE

Fonte: Autora, 2014

Os geotêxteis foram fixados ao solo com grampos de ferro e distribuídos da seguinte forma: 04 geotêxteis de cada fibra por tratamento e em cada bloco um tratamento sem geotêxteis (Figura 24 A, B e C). De acordo com Bezerra (2006) a fixação dos geotêxteis com grampos bem próximos ao solo dificulta a ocorrência da erosão superficial.



FIGURA 24 – Implantação do ensaio experimental com geotêxteis submetidos aos fatores climáticos
Fonte: Autora, 2014

Após a conclusão da implantação da área experimental (Figura 23 - B) iniciou-se a fase do monitoramento das variáveis previamente estabelecidas para análises em campo e laboratório, visando avaliar e comparar a eficiência do uso dos geotêxteis de fibras naturais para a contenção de erosão em taludes, os geotêxteis destinam-se a garantir uma cobertura do solo evitando a ação direta dos agentes erosivos e diminuição da perda de água por evaporação, permitindo o desenvolvimento mais fácil das plantas (FERNANDES; FREITAS, 2011).

As variáveis monitoradas foram: Degradação natural dos geotêxteis, Desenvolvimento da cobertura vegetal, Resistência à tração, Sedimentos transportados por escoamento superficial, erosão/deposição (monitoramento de estacas de erosão), Análises de granulometria e Teor de matéria orgânica.

5.1.3 Degradação natural dos geotêxteis

A confecção dos geotêxteis com fibras naturais de Taboa (*Typha latifolia* Linn.), Junco (*Juncus sp.*) e Ouricuri (*Syagrus coronata*) se deu inicialmente a partir da definição do melhor trançado das fibras em estudo, inicialmente realizada a partir do conhecimento da textura, espessura e maleabilidade que o trançado proporcionou ao geotêxtil. Definidos os melhores trançados e providenciada a confecção dos geotêxteis foram então iniciados os testes de degradação em campo para posterior avaliação de resistência dos mesmos à tração,

uma vez que trata-se de materiais que serão utilizados como parte de técnicas de controle da erosão do solo em taludes.

O ensaio de degradação do geotêxtil foi realizado por meio de degradação natural em campo conduzido na área experimental implantado na Fazenda São José no município de Amparo do São Francisco/SE. Em área imediatamente associada à área com os testes com geotêxteis (topo do talude). O objetivo dos testes de degradação natural com os geotêxteis foi avaliar a resistência dos geotêxteis submetidos a diferentes níveis de degradação em campo. O ensaio de degradação natural analisa o comportamento do geotêxtil em campo, sendo relevantes todos os fatores de degradação atuantes como o sol, chuva, vento, microorganismos etc. Foram coletadas amostras considerando quatro níveis de degradação: Não degradadas ou intactas (T0), exposição em campo por 60 dias (T1), 90 dias (T2), 120 dias (T3) e 180 dias (T4).

As amostras dos geotêxteis ou corpos de prova foram compostos de um total de 55 amostras assim distribuídas: 25 amostras de geotêxteis de Taboa, sendo 20 submetidas à degradação em condição de campo e 05 amostras intactas, (testemunhas). Para as fibras de Junco, foram 10 amostras submetidas à degradação natural e 05 intactas e para as fibras de Ouricuri, 10 amostras submetidas à degradação natural e 05 intactas.

Na área experimental foram expostos os geotêxteis de Taboa, Junco e Ouricuri às variáveis climáticas (Figura 25). Os corpos de prova desses tratamentos com Geotêxteis de Taboa (GT), Geotêxteis de Junco (GJ) e Geotêxteis de Ouricuri (GO), foram retirados nessa área nos períodos de degradação determinados: o primeiro com 60 dias de exposição e os seguintes a cada 30 dias. Os corpos de prova apresentaram as dimensões de 20 cm de comprimento x 30 cm de largura.



FIGURA 25 - Geotêxteis de Taboa (A), Junco (B) e Ouricuri (C) expostos em campo para os testes de Degradação Natural.

Fonte: Autora, 2014.

5.1.4 Desenvolvimento da cobertura vegetal

Paralelamente ao monitoramento da degradação natural dos geotêxteis em campo, foi monitorado o desenvolvimento da cobertura vegetal. Durante esse período foram realizados registros fotográficos observando em campo o desenvolvimento da vegetação, sendo este um dos objetivos a serem alcançados na área experimental, com uso de geotêxteis de fibras naturais após a degradação dos mesmos.

5.1.5 Resistência à tração das fibras naturais

As amostras de geotêxteis após coletadas em campo foram levadas para o laboratório e colocadas na estufa a 60°C por 24h, para retirada da umidade, e em seguida acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em local seco e arejado, para posteriormente serem realizados os testes mecânicos de tração e deformação. Testes de resistência à tração foram realizados para avaliar resistência do geotêxtil submetidos aos diferentes níveis de degradação.

Para analisar a resistência do geotêxtil foram conduzidos ensaios de tração por meio de uma máquina eletro-mecânica Instron modelo 3367 com célula de carga de 5 kN e erro de medida menor que 1% (Figura 26) no Laboratório de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Sergipe - UFS. Dos corpos de prova coletados para o teste foram retiradas 4 tiras da fibra vegetal que foram submetidas ao ensaio de resistência a tração. O espaçamento entre garras do equipamento foi de 150 mm. Aplicou-se uma pré-carga de 1,0 kN com velocidade do carregamento constante de 10 mm.minuto⁻¹.

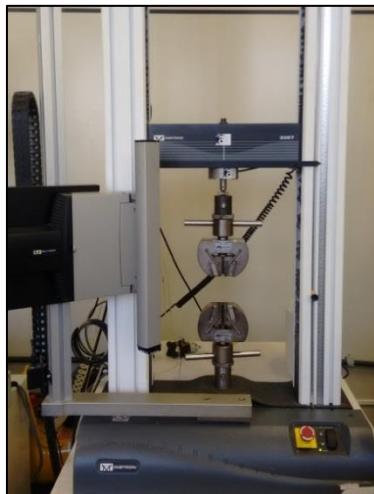


FIGURA 26 – Condução dos ensaios de resistência à tração dos geotêxteis.

Fonte: Autora, 2014

Foi obtida através do teste de tração, a força a que foi submetida cada amostra e seu deslocamento até a ruptura. A força de tração no momento da ruptura de cada amostra foi obtida, e considerando-se a média calculada em cada tratamento. Com o deslocamento até a ruptura foi determinada a deformação do material pela seguinte Eq.2:

(Equação 2)

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 * 100$$

Onde:

- ε = Deformação (%);
- ΔL = Variação de comprimento da amostra (mm);
- L_0 = Comprimento inicial da amostra (mm).

5.1.6 Perda de sedimentos por escoamento superficial

Ao final da rampa de cada um dos tratamentos que testou os diferentes tipos de geotêxteis, foram instaladas calhas coletoras de sedimentos, que coletaram os sedimentos do arraste de sedimentos provocados pela precipitação pluviométrica durante o período de junho a dezembro de 2014.

Para a determinação do peso total dos sedimentos carregados nas parcelas do experimento utilizou-se o método de filtragem (SUGUIO, 1973). Os sedimentos foram coletados a cada registro de chuva por meio de uma calha fixada a um saco plástico (Figura 27), em um total de 11 coletas.



FIGURA 27 – Vista das calhas usadas para coleta de sedimentos nos tratamentos, com uso de sacos.

Fonte: Autora, 2014.

O material coletado foi então levado ao Laboratório de Erosão e Sedimentação – LABES do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe – UFS, onde foi realizada a filtragem. Foi retirada uma amostra homogeneizada de 1L do material coletado com água e sedimentos transportados pelo escoamento (BEZERRA, 2011). Este procedimento teve o objetivo de mensurar os sedimentos transportados pelo escoamento para a secagem e pesagem no laboratório e posterior análise granulométrica (Figura 28). A secagem foi realizada em estufa com circulação forçada de ar a 100°C por 48h. Logo após esse procedimento o material foi pesado em balança de precisão para encontrar os valores de perda de sedimentos. Os sedimentos retidos nas calhas também foram pesados.



FIGURA 28 – Filtragem de sedimentos em laboratório

Fonte: Autora, 2014

Os dados pluviométricos foram obtidos a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

5.1.7 Erosão/deposição de sedimentos a partir de monitoramento de estacas nos tratamentos experimentais

Para avaliação da erosão ou deposição de solo nos tratamentos com Geotêxteis de Taboa (GT); Geotêxteis de Junco (GJ); Geotêxteis de Ouricuri (GO); e o tratamento com Solo sem geotêxtil (SN), foi adotado o método de estacas de erosão, que consiste na mensuração periódica da exposição das estacas, que foram instaladas nas parcelas com leituras mensais realizadas com o auxílio de régua graduada (MORGAN, 2001; GUERRA 2005).

Utilizou-se estacas de madeira medindo 25cm, sendo marcadas e enterradas até a profundidade de 10 cm e ficando exposto 15cm para ser realizada a medição com régua graduada e o monitoramento da erosão ou deposição do solo logo após os eventos de chuvas. Essas medições possibilitaram a comparação entre a área de deposição e a área de erosão, e a consequente perda de sedimentos, relacionado com a precipitação durante o período de coleta de dados no experimento. Foram distribuídas seis estacas por tratamento, buscando-se identificar as situações mais diferentes dentro dos tratamentos monitorados (Figura 29).

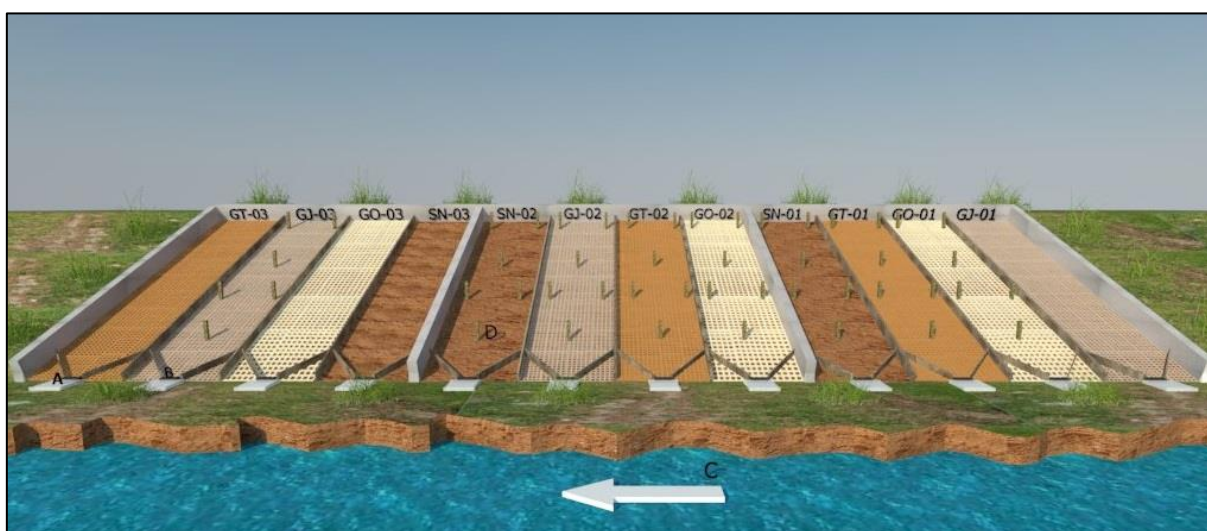


FIGURA 29 – Distribuição das estacas para medição de perda de sedimentos por escoamento superficial na área experimental nos tratamentos GT – Geotêxteis de taboa, GJ – Geotêxteis de junco, GO – Geotêxteis de Ouricuri e SN – Solo sem geotêxteis.

FONTE: Autora, 2014

Ao utilizar a régua graduada para medição em campo levou-se em consideração que os valores acima de 15 cm foram classificados como indicativo de ocorrência de erosão. E os

valores abaixo de 15 cm foram classificados como indicativo de ocorrência de deposição. O período de medição e monitoramento ocorreu de Agosto de 2014 a Agosto de 2015, totalizando 10 medições em campo (Figura 30).

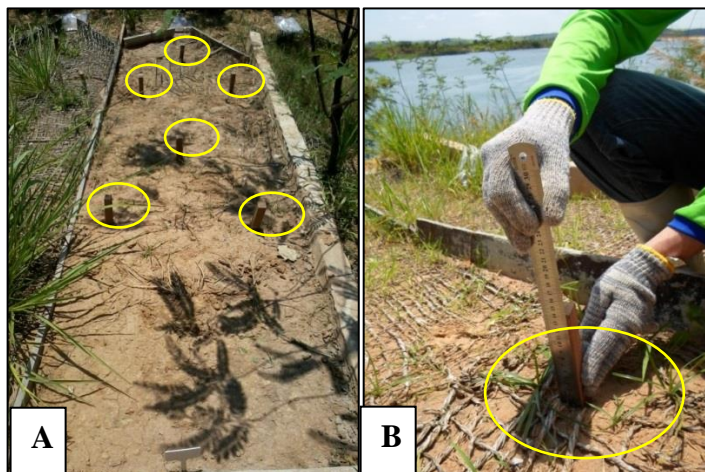


FIGURA 30 – Distribuição das estacas no tratamento (A)
Medição e monitoramento da erosão no experimento (B).
Fonte: Autora, 2014.

5.1.8 Análise granulométrica

A textura refere-se à proporção relativa das frações granulométricas – areia (a mais grosseira), silte e argila (as mais finas) - que compõem a massa do solo. A textura do solo se diferencia pela presença de partículas de tamanhos diferentes (granulometria), sendo geralmente determinada em laboratório (EMBRAPA, 2009).

Após um ano de implantação do experimento, foram coletadas em campo um total de 144 amostras de solos distribuídas na área experimental, nos 04 tratamentos (GT, GJ, GO e SN), somando 48 amostras por tratamento, distribuídas em pontos diferentes das parcelas experimentais das seguintes profundidades: 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Todos os pontos de coleta de amostras do solo para análise textural foram identificados com um número sequencial com a respectiva descrição da amostra e identificação da profundidade através do uso de um croqui da área de coleta (Figura 31). As amostras, acondicionadas em sacos plásticos foram levadas ao Laboratório de Erosão e Sedimentação (LABES) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), onde foram secadas à sombra para posterior realização da análise textural.

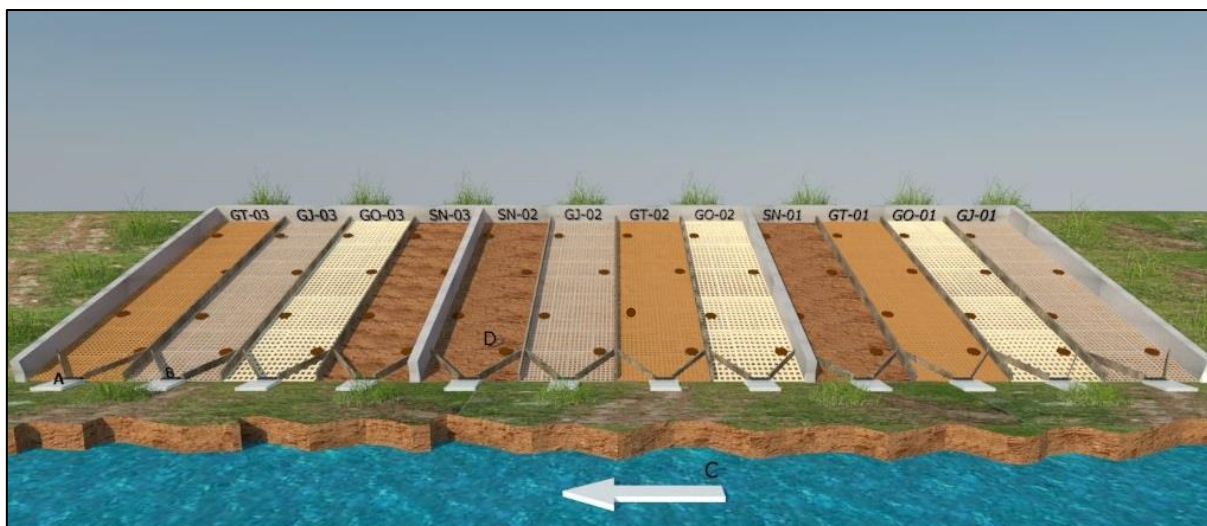


FIGURA 31 – Área experimental com localização dos pontos de coletas de amostras solo para análise textural

Fonte: Autora, 2014

A análise textural baseou-se no Método do Densímetro, conhecido também como método do hidrômetro proposto em 1926 por Bouyoucos. Este baseia-se no princípio de que a matéria em suspensão (silte e argila) confere determinada densidade ao líquido. Com a ajuda de um densímetro, Bouyoucos relacionou as densidades com o tempo de leitura e com a temperatura, calculando com esses dados o percentual das partículas presentes na amostra (EMBRAPA, 2009). Em laboratório realizou-se todos os procedimentos seguindo a metodologia adotada (Figura 32 A e B)



FIGURA 32 – Equipamentos utilizados para a determinação da Textura do solo. Agitador elétrico (A) e medição da densidade (B)

Fonte: Autora, 2015

Posteriormente utilizou-se o diagrama triangular para determinar a classificação textural a partir das análises realizadas em laboratório e determinados os valores de areia, silte e argila (Figura 33).

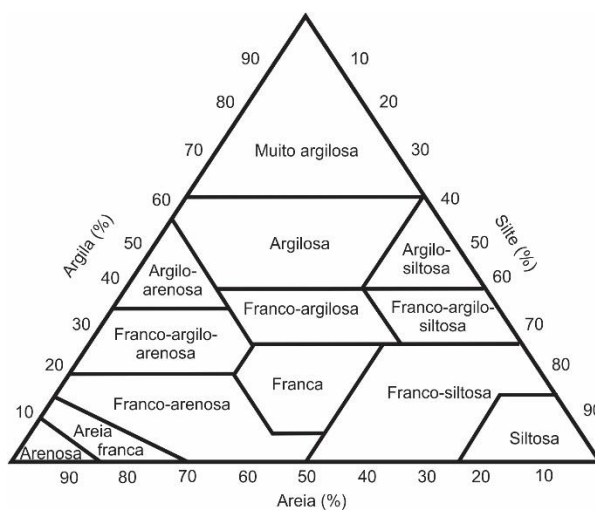


FIGURA 33 – Diagrama triangular utilizado para a classificação textural do solo

Fonte: SANTOS, *et. al*, 2005.

5.1.9 Teor de matéria orgânica

Visando a identificação da contribuição da degradação dos geotêxteis no aporte de matéria orgânica no solo, após o período de análise de degradação natural dos geotêxteis, avaliou-se em laboratório o teor de matéria orgânica nos quatro tratamentos GT, GJ, GO e SN do experimento, a partir de amostras de solo coletadas para a análise de perda de sedimentos nas calhas coletoras, que eram recolhidas após cada registro de precipitação na área.

Para determinação do teor de matéria orgânica utilizou-se o método volumétrico pelo dicromato de potássio, onde o teor de matéria orgânica é determinado por titulação (EMBRAPA, 2009), (Figura 34).

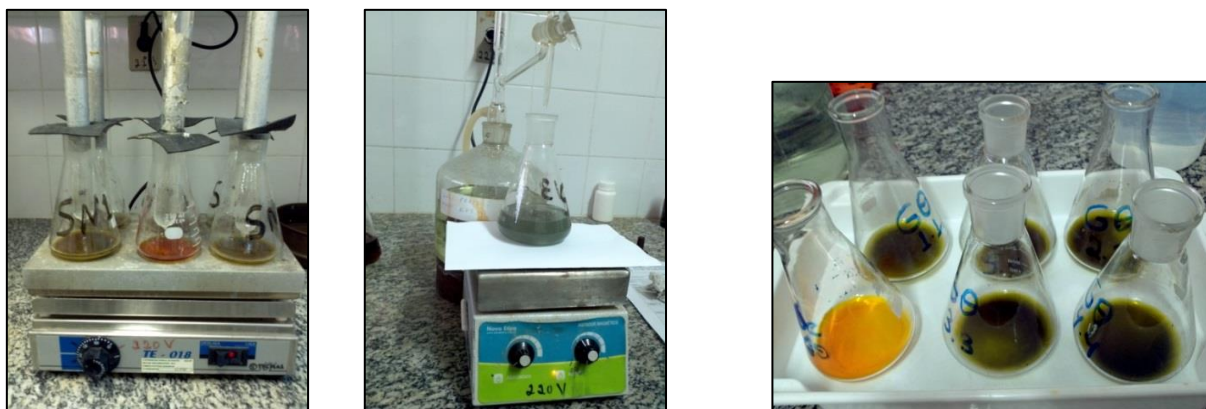


FIGURA 34 – Determinação do teor de matéria orgânica

Fonte: Autora, 2015

O cálculo para a percentagem de carbono orgânico existente na amostra é dada pela expressão:

g de carbono/Kg de TFSE = $0,06 \times V (40 - V_a \times f) \times "f"$ em que:

TFSE = terra fina seca em estufa.

V = volume de bicromato de potássio empregado

V_a = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra

f = 40/volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco

0,06 = fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas

A quantidade de matéria orgânica existente na amostra foi calculada pela expressão:

g de matéria orgânica/Kg = g de carbono/Kg x 1,724

Nota: o fator 1.724 é utilizado em razão de se admitir que, na composição média da matéria orgânica do solo, o carbono participa com 58%.

5.2 Controle da Erosão em Taludes Fluviais com Uso de Geotêxteis de Fibras Naturais

5.2.1 O processo de confecção dos geotêxteis pelos artesãos

O envolvimento da comunidade em ações de educação ambiental dentro de um processo de sensibilização é de fundamental importância para a adoção de práticas sustentáveis de uso dos recursos naturais. O ponto de partida pode ser a valorização dos saberes locais como forma de inclusão e troca de conhecimentos, disponibilizando às comunidades informações técnicas e científicas e recebendo a experiência empírica a partir da compreensão do processo de manufatura do artesanato com uso de fibras naturais, de grande necessidade para o desenvolvimento da técnica de manufatura de geotêxteis.

A educação ambiental deve procurar incentivar o indivíduo a participar ativamente da resolução dos problemas no seu contexto de realidades específicas (REIGOTA, 2002), procurando valorizar ainda mais as potencialidades dos artesãos.

Trabalhar com a educação ambiental visando também subsidiar debates e ações junto aos ribeirinhos foi de grande importância, a partir de dados e levantamentos que contemplaram a percepção dos mesmos sobre as questões a serem abordadas, proporcionando às populações tradicionais o desenvolvimento de novas atividades levando em consideração a realidade cultural dos artesãos do Baixo São Francisco Sergipano.

Avaliando o perfil dos artesãos a partir de questionário observou-se uma predominância da mão-de-obra feminina em 99% dos entrevistados, com idade média de 48 anos, que afirmaram desenvolver outras atividades paralelas ao artesanato, dentre elas a agricultura, a pesca e o comércio. O artesanato vem sendo desenvolvido desde 2001.

Todo o processo de manufatura dos geotêxteis se iniciou com repetidas tentativas de alcance de protótipos que iam sendo modificados visando o atendimento de critérios relacionados aos trançados desejados.

Neste sentido, para a manufatura dos primeiros protótipos foram avaliadas as possibilidades de confecção do geotêxtil, observando a textura do material, a espessura, firmeza, durabilidade e maleabilidade, realizando testes para conseguir um trançado eficiente com a finalidade de fabricação e posterior utilização nos taludes do Rio São Francisco.

A extração desses materiais é rotineiramente realizada com uso de foices e facões, sendo depois de cortados levados à secagem por uma semana, ocorrendo todo o processo de forma manual. Vale destacar que as fibras são coletadas e posteriormente secadas à sombra, exceção concedida à fibra do Junco que não é exposta para secagem. Os cortes são realizados acima da raiz possibilitando o rebrote, uma vez que as comunidades estabelecem um período para o próximo corte que é de seis meses a um ano. As formas de manejar esse material biológico podem acarretar perdas se não ocorrer o manejo sustentável das áreas de extrativismo. O material coletado é retirado de áreas próprias, ou de locais cedidos por amigos ou parentes.

Discutiu-se também com as comunidades a problemática do controle das áreas de coleta, visando o uso sustentável ao longo dos anos, assim como a preocupação das comunidades com a dinâmica das dunas. Também foi considerada a restrição de utilização das fibras em alguns locais, que fazem parte da Reserva Biológica de Santa Isabel, criada através do Decreto de nº 96.999 de 20 de outubro de 1988 e localizada no litoral norte do Estado de Sergipe abrangendo os municípios de Pacatuba e Pirambu.

Constatou-se também que nos períodos de estiagens há uma redução de indivíduos das espécies visto que estas são de ambientes aquáticos e o regime hídrico influencia diretamente na manutenção das áreas alagadas. Vale destacar que entre os entrevistados alguns já participaram de curso para extração da palha o que os tornava mais treinados e seguros no manuseio correto da retirada do material, garantindo a sustentabilidade ambiental daqueles ecossistemas ao longo dos anos.

Todo o trabalho de confecção dos geotêxteis foi realizado artesanalmente, sendo a confecção dos primeiros protótipos iniciada com as fibras de Taboa, uma vez que é aquela que os artesãos mais utilizam na fabricação do artesanato. Esta também foi a fibra que eles mais possuíam em estoque, pronta para uso, após o corte e secagem (Figura 35 - A). A técnica utilizada na confecção do geotêxtil é rudimentar, necessitando apenas da utilização de um artefato de madeira, sendo as fibras já secas previamente arrumadas em feixes, necessitando de espaço livre para a realização do trabalho (Figura 35-B).



FIGURA 35 – Fibras de Taboa (A) e a confecção dos Geotêxteis de forma artesanal (B)
Fonte: Autora, 2013.

Para uniformizar as medidas do geotêxteis no momento da confecção, as fibras foram postas em um molde de madeira com as medidas de 1m x 1m, para auxiliar no trançado, com área predefinida entre as fibras de 3 cm² (Figura 36 A e B).

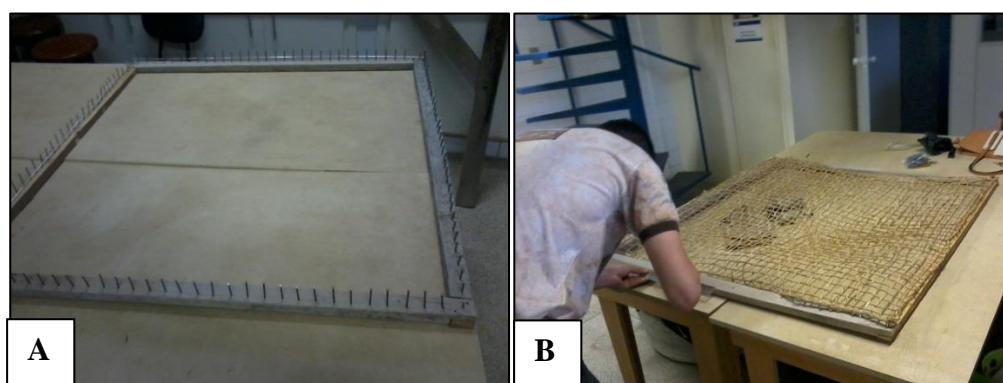


FIGURA 36 – Moldes para uniformizar tamanhos do geotêxteis (A) e sobreposição dos geotêxteis (B)
Fonte: Autora, 2013.

Após todo o processo de beneficiamento das fibras, foram então confeccionados os geotêxteis. O primeiro modelo de geotêxtil confeccionado com a Taboa, após necessária avaliação, a partir dos critérios previamente estabelecidos foi desconsiderado (Figura 37-A). É que mais se assemelhava ao artesanato produzido pelas comunidades, com trançado espesso na borda e da parte interna, um acabamento desnecessário que muito comprometia a maleabilidade requerida nesse tipo de geotêxtil, podendo também comprometer o desenvolvimento esperado da vegetação, por dispersão natural de sementes, uma que poderia restringir a entrada de luz. O critério “maleabilidade” se justifica pela necessidade de

confeção de uma manta, biomantas ou geotêxtil, maleável o suficiente que se adeque ou se ajuste às irregularidades (pequenas elevação ou pequenas depressões) que existem em taludes, mesmo que ele tenha sido submetido aos trabalhos de retaludamento ou reafeiçoamento, comum nesse tipo de obra, e que consiste na realização de cortes que o adequam à necessária declividade normalmente trabalhada com as técnicas de bioengenharia de solos.

Durante o processo de fabricação foram confeccionados três protótipos de geotêxteis (Figura 37 - A, B e C) e após essas tentativas chegou-se a um modelo com características desejáveis e semelhantes ao geotêxtil utilizado em obras de bioengenharia de solos (Figura 37 - D).

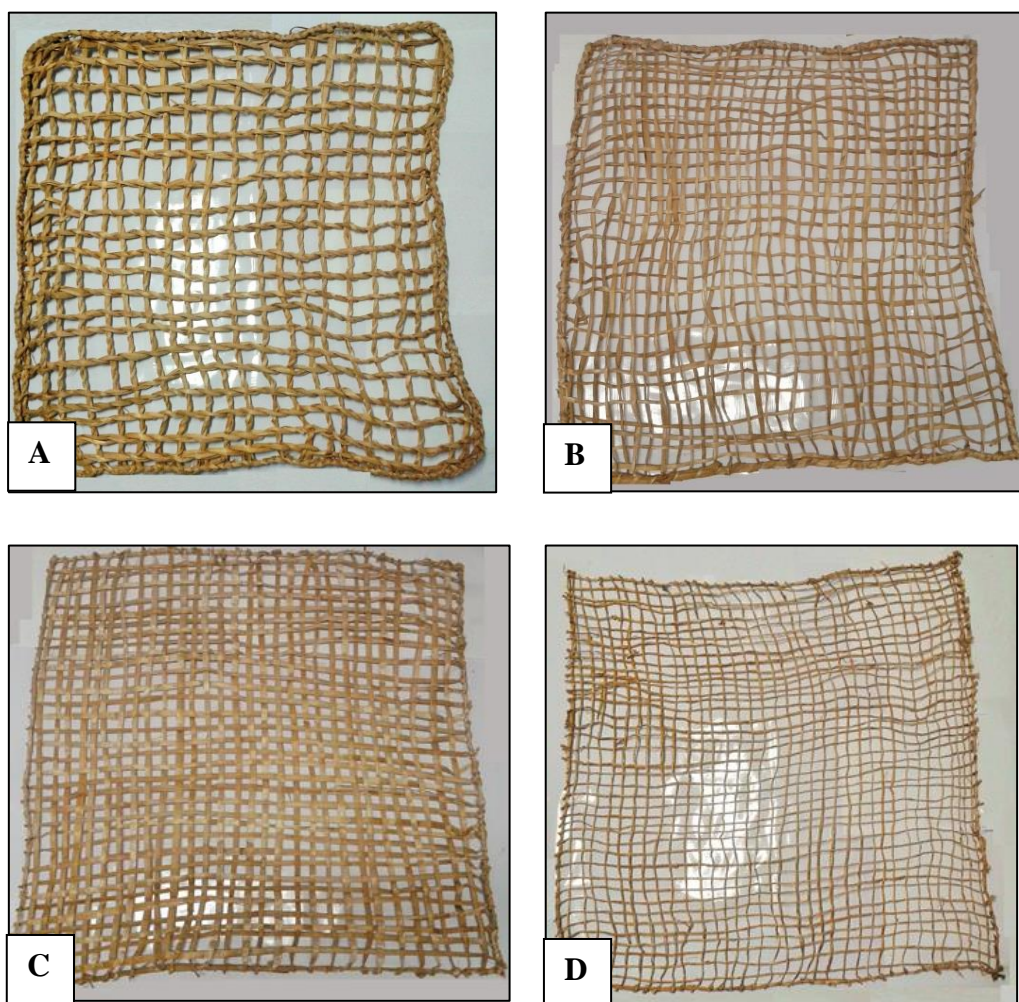


FIGURA 37 – Protótipos de geotêxteis confeccionados com fibra de Taboa (A, B, C e D).

Fonte: Autora, 2013.

No processo de confecção do geotêxtil de Junco foram confeccionados três protótipos de geotêxtil (Figura 38 - A, B, C), visando um melhor desempenho em campo. O primeiro

protótipo foi descartado, por ser muito maleável, possibilitando no seu manuseio aberturas desuniformes na sua malha, acima de 3 cm², como inicialmente recomendado. As fibras também apresentaram pouca resistência, devido somente ao uso de apenas uma fibra no trançado (Figura 38 – A). O segundo protótipo confeccionado, ainda apresentava desuniformidade no seu trançado, embora tivesse sido confeccionado com duas fibras (Figura 38 – B).

O melhor trançado manufaturado do geotêxtil de Junco, após alguns ajustes destaca-se pela maleabilidade adequada da fibra, ao solo, assim como um trançado com certa uniformidade, e resistência posteriormente aferida com grande semelhança ao que se observa em geotêxteis de outras fibras, disponibilizados no mercado e utilizados para o mesmo fim (Figura 38 – C).

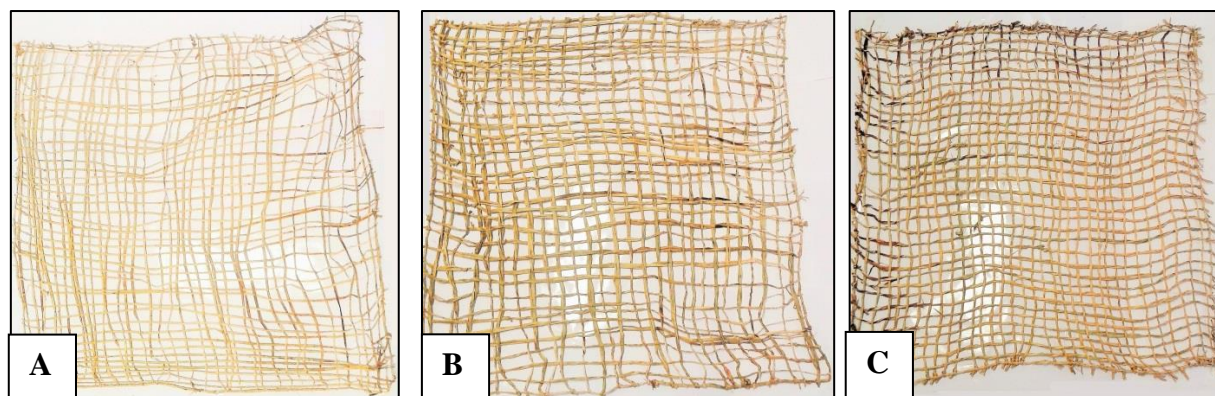


FIGURA 38 – Protótipos confeccionados de geotêxteis de junco (A, B e C).

Fonte: Autora, 2013

Quanto ao Geotêxtil de Ouricuri, foram confeccionados dois protótipos (Figura 39 – A e B), sendo o primeiro desconsiderado por ter sido utilizado apenas uma folha (limbo e pecíolo), o que não trazia a resistência desejada. O modelo adotado foi o segundo (Figura 39 - B), apresentando no seu trançado duas folhas, com boa maleabilidade e aparentemente mais resistente que o primeiro.

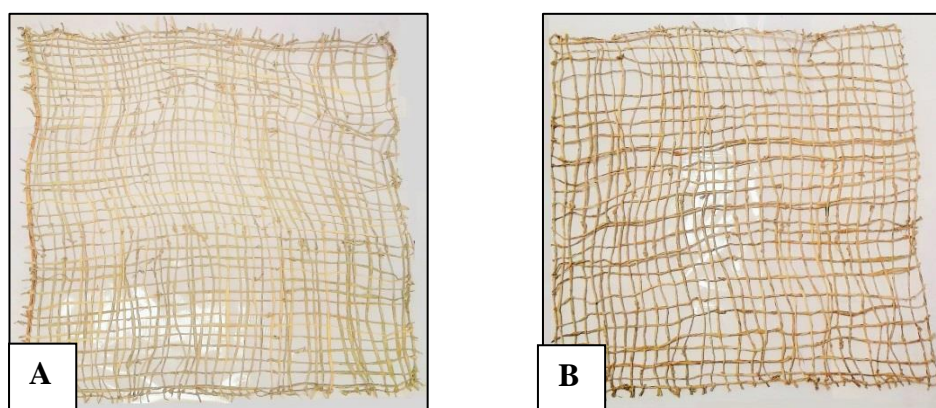


FIGURA 39 – Protótipos confeccionados de geotêxteis de Ouricuri (A e B)
Fonte: Autora, 2013.

Para a exposição às variáveis ambientais e posterior realização de testes de degradação natural e resistência à tração em laboratório, foram confeccionados um total de 45 geotêxteis (1m x 1m²), sendo 15 de cada uma das fibras selecionadas. Desse total, 12 geotêxteis foram utilizados em testes de campo, restando 03 não submetidos à qualquer forma de degradação, sendo utilizados juntamente com os demais nos testes de resistência a tração, realizados posteriormente.

Trabalhos dessa natureza com confecção de geotêxteis a partir de fibras naturais para teste em campo foram realizados por Mendonça (2006) com uso de fibras de Babaçu (*Orbignya phalerata* Mart), Buriti (*Mauritia flexuosa*), Carnaúba (*Copernicia prunifera* Mill) e Tucumã (*Atrocaryum vulgare* Mart) com testes experimentais na área rural de São Luiz, estado do Maranhão.

Bezerra (2006) confeccionou geotêxteis com fibras do Buriti (*Mauritia flexuosa*) para ensaios em campo, testando a eficiência destes geotêxteis de fibras naturais na contenção de erosão em uma área experimental em Uberlândia/MG. Posteriormente, Bhattacharyya (2009) também desenvolveu geotêxteis à base de Buriti (*Mauritia flexuosa*) comparando com os geotêxteis de Borassus (*Borassus aethiopum*) e realizou ensaios em campo e laboratório em Hilton na Inglaterra em parceria com universidades brasileiras.

Os resultados mais recentes com a experiência no uso de fibras naturais foram apresentados por Bezerra (2011) também com geotêxteis de fibras de Buriti (*Mauritia flexuosa*), utilizado como técnica de contenção de erosão para reabilitação de voçorocas no estado do Maranhão.

Foram as experiências citadas anteriormente que balizaram o desenvolvimento dos testes com as fibras de Taboa, Junco e Ouricuri em Sergipe. Quanto às fibras selecionadas para a presente pesquisa, não há registros na literatura com uso da Taboa, Junco ou Ouricuri na confecção de geotêxteis para uso em técnicas de contenção de erosão, proposta neste trabalho de pesquisa, sendo então caracterizado como pioneiro ao apresentar os resultados com as espécies selecionadas.

5.2.2 Resistência à tração das fibras naturais

Nos testes de resistência à tração avaliou-se dentre as fibras selecionadas para a realização da pesquisa a mais resistente para o uso em obras de contenção de erosão em taludes. Buscou-se um comparativo da resistência do material intacta sem a ação dos agentes naturais em campo com o material submetido ao processo de degradação natural, possibilitando uma prévia indicação de qual (s) fibra (s) pode ser mais eficiente para confecção de geotêxteis e uso em taludes como técnica complementar de bioengenharia de solos.

Os valores de resistência à tração foram resultados das curvas de carga de tração vs. deformação, geradas a partir das 05 repetições de ensaios nos corpos de prova intactas ou degradadas naturalmente (Tabela 02).

TABELA 02 – Valores de tensão, deformação nos diferentes níveis de degradação dos Geotêxteis de Taboa (*Typha latifolia*. Linn), Junco (*Juncus sp.*) e Ouricuri (*Syagrus coronata*).

Níveis de degradação	Tensão (N)			Deformação (%)		
	Taboa	Junco	Ouricuri	Taboa	Junco	Ouricuri
Não Degradadas (TO)	107,55a	76,38a	153,91a	46,78a	46,7a	48,40a
60 dias (T1)	56,70b	2,53b	8,28b	52,49b	16,87b	18,30b
90 dias (T2)	55,58b	2,82b	5,37b	34,77b	18,82b	19,09b
120 dias (T3)	41,84b	-	-	54,21b	-	-
180 dias (T4)	31,53b	-	-	48,23b	-	-
CV (%)	24,42	22,98	4,30	24,42	22,98	4,30

CV – Coeficiente de variação

* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade ($p < 01$).

Fonte: Autora, 2015

Nos testes realizados com os geotêxteis de Taboa observa-se um decréscimo na força de tensão na comparação da amostra não degradada ou intacta (T0) em relação ao avanço dos tratamentos de tempo de degradação em campo, mostrando como pode ser percebido no tratamento (T4) que à medida do passar do tempo a força de resistência vai diminuindo.

Observa-se também um aumento da deformação nos tratamentos (T1 e T3). E na força de tensão, o tratamento (T3) apresentou um leve aumento com relação a (T2). A deformação do (T3 e T4) chegou a ser maior do que a do material intacto (T0).

Quanto aos testes com as fibras de Junco, observou-se nitidamente o elevado valor de tensão da fibra não degradada ou intacta (T0), mostrando-se muito resistente. Porém, houve um significativo decréscimo do valor de tensão no tratamento (T1 e T2), o que mostra a baixa resistência dos geotêxteis de Junco diante das variáveis climáticas e exposição no campo à degradação natural. O acelerado processo de degradação do geotêxtil de fibras de Junco não possibilitou a realização dos testes aos 120 e 180 dias, uma vez que esses geotêxteis já se encontravam degradados na área do experimento após os 90 dias de sua exposição, sem apresentar resistência mínima que possibilitasse a realização dos testes.

Nos testes de tração com os geotêxteis de Ouricuri obteve-se um elevado valor de tensão alcançado no tratamento (T0) da fibra não degradada ou intacta, sendo o maior valor comparado às fibras de Taboa e Junco. Porém é bem expressiva a queda no valor de tensão dos tratamentos (T1 e T2), e semelhante aos geotêxteis de Junco, este também apresentou uma acelerada degradação natural, o que impossibilitou seguir com os testes de tração após os 90 dias, pelo fácil rompimento das fibras mesmo não submetidas à nenhuma tensão.

A deformação do Ouricuri apresentou um comportamento semelhante à fibra de junco com decréscimo entre os tratamentos (T0 e T1), mas um pequeno aumento de valor na deformação no tratamento (T2), porém sem diferença estatística significativa.

Comparando o comportamento das três fibras testadas, percebe-se que todas as fibras apresentaram os maiores valores de tensão nos tratamento (T0), com destaque para as fibras de Ouricuri, seguida das fibras de taboa e junco respectivamente (Figura 40). Das fibras avaliadas, a de Taboa destacou-se como a mais resistente à tensão diante da degradação natural tanto nos valores de tensão quanto no tempo de exposição, permanecendo no campo até 180 dias. Os geotêxteis de junco e ouricuri apresentaram uma semelhança entre si no processo de degradação chegando apenas até 90 dias, representados pelo tratamento (T2).

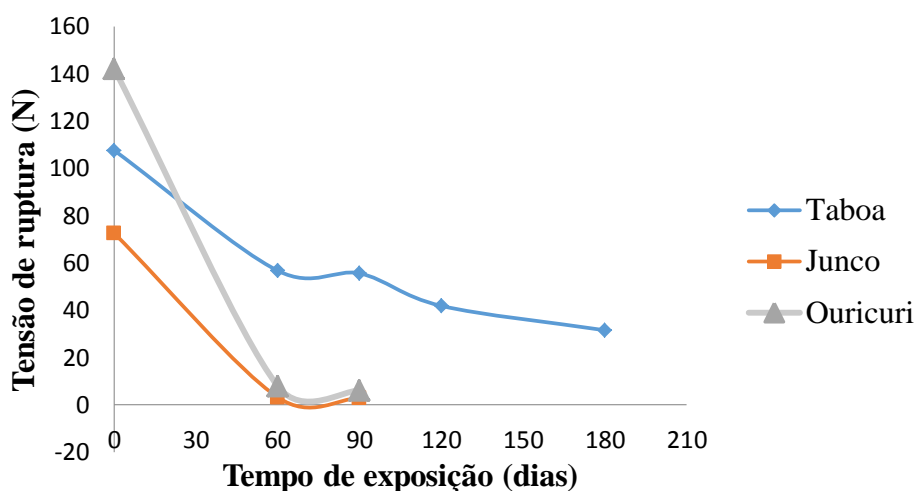


FIGURA 40 – Variação de tensão de ruptura das fibras de Taboa, Junco e Ouricuri com relação ao tempo de exposição.

Fonte: Autora, 2015

Nos testes de deformação, comparando os geotêxteis fabricados com as três espécies de fibras, percebe-se certa semelhança quanto aos valores nos tratamento (T0). Já nos tratamentos (T1 e T2) as fibras de junco e ouricuri diferenciam-se da taboa, visto que há uma variação nos valores de deformação nas fibras de taboa principalmente no tratamento (T1 e T3) (Figura 41).

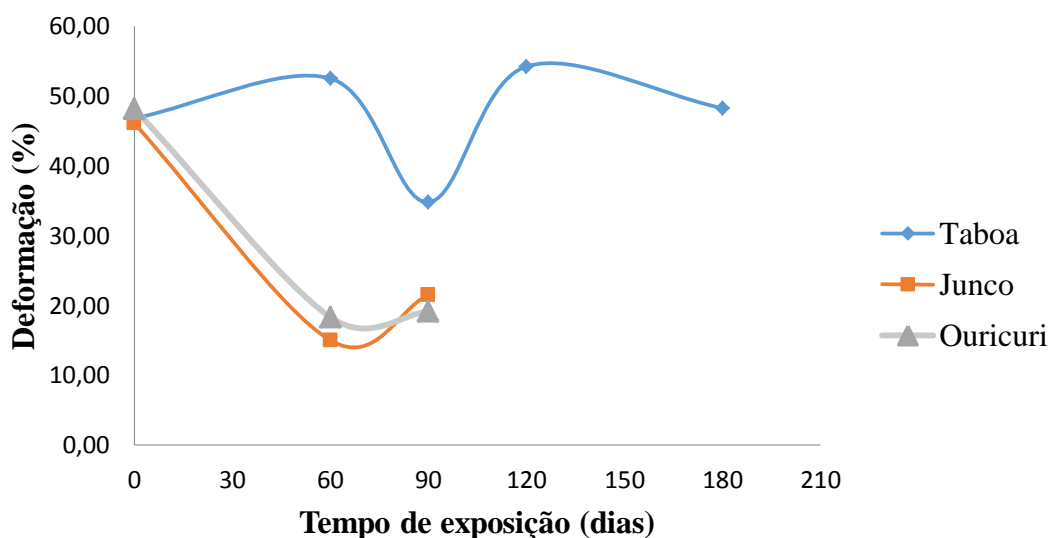


FIGURA 41 – Variação da deformação dos geotêxteis das fibras de Taboa, Junco e Ouricuri com relação ao tempo de exposição.

Fonte: Autora, 2015

Avaliando a variação da deformação, a umidade parece deixar a fibra menos rígida, consequentemente deixando-a com uma maior capacidade de deformação, apresentando um leve aumento de resistência à tração. Comparando as três fibras, percebe-se um destaque para o geotêxtil com fibra de Taboa como aquela com maior plasticidade apenas com uma queda no valor de deformação após 90 dias de exposição em campo, porém manteve-se com as mesmas características até os 180 dias de exposição no campo, diferentemente das fibras de Junco e Ouricuri que apresentaram queda nos valores de deformação e só possibilitaram testes até os 90 dias em campo.

5.2.3 Desenvolvimento da cobertura vegetal

Na medida do avanço dos processos de degradação dos geotêxteis testados, observou-se que, desenvolvia-se naturalmente uma cobertura vegetal, que promovia uma proteção contra os processos erosivos. A estabilização da cobertura vegetal no experimento foi nitidamente observada após 90 dias da sua implantação (Figura 42). Nesse período os geotêxteis de Junco e Ouricuri, principalmente, já se encontravam em acelerado processo de degradação em campo, diferentemente do geotêxtil de Taboa, que apresentou um processo mais lento na degradação em campo.

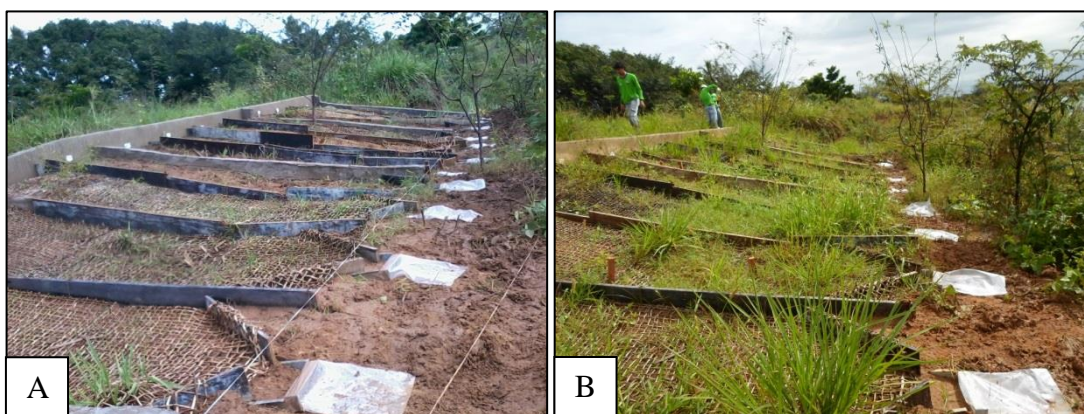


FIGURA 42 – Desenvolvimento da cobertura vegetal após a implantação do experimento (A) e aos 90 dias de implantação (B).

Fonte: Autora, 2014.

A cobertura vegetal e seu sistema radicular desempenham uma importante função na paisagem, protegendo o solo contra as ações dos agentes intempéricos, principalmente a água das chuvas e a ação eólica (BEZERRA, 2011). Assim, as raízes facilitam a infiltração da

água no solo além de fornecer matéria orgânica garantindo uma melhor estabilidade. Nesse sentido os geotêxteis criam uma estabilidade, que permite o tempo necessário para o estabelecimento e crescimento da vegetação (FULLEN; GUERRA, 2002).

Segundo Mendonça (2006) os solos desprovidos de cobertura vegetal ficam expostos diretamente aos raios solares e ao impacto das gotas de chuva, tendo como consequências sua desestruturação e desagregação, aumentando a erodibilidade dos mesmos.

O uso de geotêxteis em taludes favoreceu o controle do escoamento superficial, proporcionando uma melhor infiltração da água no solo, além de reter com mais eficiência as partículas de solo que poderiam ser carregadas em áreas com solo desprovido de cobertura vegetal.

5.2.4 Perda de sedimentos por escoamento superficial

Durante o período de monitoramento ou avaliação dos ensaios experimentais foram realizadas 11 coletas nas calhas instaladas ao final de cada tratamento, distribuídas no período de 18 de junho de 2014 à 17 outubro de 2014. Estas coletas foram realizadas sempre nos maiores picos registrados de precipitação, assim foi possível relacionar não apenas mensalmente, mas por coleta diária, a relação entre precipitação e transporte de sedimentos por escoamento superficial.

Ao avaliar a perda de sedimentos buscou-se medir a eficiência dos geotêxteis nos diferentes tratamentos com fibras naturais e realizar a comparação com o tratamento de solo sem geotêxtil. No período de monitoramento foram registrados 506,60 mm de chuvas no local, produzindo um total de 7,83 g/m² de sedimentos no tratamento GO, 12,34 g/m² no tratamento GJ, 36,60 g/m² no tratamento GT e no tratamento sem geotêxtil SN a produção de sedimentos chegou a 53,76 g/m². Vale destacar que essa foi a produção de sedimentos considerando a amostragem feita para efeito de comparação entre os tratamentos, ou seja, de uma alíquota de 1L. Não se trata da produção total de sedimentos durante todo o período e relacionado aos eventos de chuva.

Os dados mostram diferenças significativas nos quatro tratamentos. Do total de sedimentos carregados por escoamento superficial 48,63% corresponde ao tratamento SN,

confirmando a eficiência dos geotêxteis na contenção de sedimentos, com destaque para os tratamentos GO e GJ (Tabela 03).

TABELA 03 – Produção (perdas) de sedimentos nos tratamentos GT, GJ, GO e SN.

Tratamentos	Sedimentos (g/m ²)
GT	36,30 c
GJ	12,34 b
GO	7,83 a
SN	53,76 d

GT – Geotêxtil de Taboa, GJ – Geotêxtil de Junco, GO – Geotêxtil de Ouricuri, SN – Solo sem geotêxtil.

Letras iguais na coluna indicam a não existência de diferença significativa ($P>0,05$).

Fonte: Autora, 2015

Todos os tratamentos com o uso dos geotêxteis apresentaram menores perdas de sedimentos em relação ao tratamento SN. Tais resultados demonstram que os geotêxteis possibilitaram a proteção do solo, resultando em retenção de parte dos sedimentos transportados na superfície do talude.

Bhattacharyya *et. al.* (2009), em estudos experimentais em Hilton, na Inglaterra comparando geotêxteis de duas fibras, Buriti (*Mauritia flexuosa*) e Borassus (*Borassus aethiopum*) e tratamento sem geotêxteis, mostraram que durante um ano de monitoramento com um total de 115 mm de precipitação, a perda de sedimentos no tratamento com solo exposto alcançou $\sim 2.1 \text{ kg m}^{-2}$, enquanto que na parcela com geotêxtil de Borassus teve $\sim 0.15 \text{ kg m}^{-2}$, quando comparada com apenas $\sim 0.02 \text{ kg m}^{-2}$ no tratamento com geotêxtil de Buriti. Este último mostrando-se mais eficiente na contenção dos sedimentos.

No Brasil, os estudos mais recentes realizados por Bezerra (2011) também comprovaram a eficiência no uso de geotêxteis de fibra de Buriti em São Luiz/ MA, usados para a contenção de sedimentos. Este comparou um tratamento com solo exposto e outro com geotêxteis, os resultados mostraram que houve uma perda de $255,85 \text{ g m}^{-2}$ de sedimentos na parcela com geotêxtil, enquanto que na parcela sem geotêxtil chegou a $4.390,96 \text{ g m}^{-2}$ calculando-se 17 vezes mais, avaliado num período de cinco meses com uma precipitação de 2.067,50 mm de chuva.

Na análise de perda total de sedimentos deve-se levar em consideração as propriedades dos solos, quantidade de matéria orgânica, a granulometria e erosividade da região (BEZERRA, 2011).

Deve-se levar em consideração que a área experimental é constituída de Neossolo Flúvico que são solos de sedimentos aluviais com horizonte A sobre camada ou horizonte C e que apresentam caráter Flúvico dentro de 150 cm de profundidade a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2013).

Observou-se em campo que o baixo valor de perda de sedimentos no tratamento GO (geotêxtil de Ouricuri) comparados aos demais geotêxteis, justifica-se por esse tratamento obter o melhor desenvolvimento da cobertura vegetal. Essa proteção promovida pela vegetação, como barreira física, evitou a desagregação do solo, permitindo uma melhor infiltração da água e retenção dos sedimentos, evitando ou diminuindo o deflúvio superficial.

Observou-se também um maior desenvolvimento de gramíneas de porte rasteiro que promovia uma cobertura vegetal homogênea, nos tratamentos com geotêxteis de Ouricuri (GO) e de Junco (GO). Esta situação pode ser creditada ao fato de que as fibras dessas duas espécies são mais porosas, ou seja, mais permeáveis promovendo uma retenção de água nelas mesma e consequentemente criando um ambiente de umidade mais duradouro permitindo o desenvolvimento da vegetação em longos períodos de *stress* hídrico.

A absorção de água pelo geotêxtil das espécies citadas, ao tempo que se constitui em uma vantagem, também se apresentou como um problema uma vez que mais úmida por mais tempo, possibilitam a infestação com uma população microbiana que as degradam em menos tempo, e que as tornam mais frágeis e menos duradouras no campo ao longo dos meses.

O tratamento GT embora retenha menos sedimentos nas fases iniciais de coleta, se mostrou muito mais resistente ao longo dos meses possibilitando uma proteção mais duradoura ao solo do talude, e em prazo mais longo criando melhores chances para o controle da erosão.

Ao avaliar o transporte de sedimentos deve-se levar em consideração um dos principais agentes de erosão por escoamento superficial, a chuva ou erosividade. Durante o ano de monitoramento registrou-se um total de 931,7 mm de chuva, considerado ano de baixa pluviosidade. Com o máximo de precipitação em maio registrando 195,4 mm e o mínimo no mês de janeiro com 7,3 mm de chuva.

Considerado que o experimento foi implantado em junho 2014 para avaliar um período chuvoso e outro seco, foi possível analisar as variações de precipitação e perda de sedimentos nos diferentes tratamentos, nas diferentes épocas. Durante o período de avaliação os maiores índices pluviométricos foram registrados nos meses de julho e

outubro de 2014. Em julho com 153,6 mm gerou uma perda de sedimentos de 7,58 g/m² no tratamento GT, 3,14 g/m² no tratamento GJ, 0,81 g/m² no tratamento GO e no tratamento SN sem geotêxteis gerou 6,42 g/m² de sedimentos. Outubro com uma precipitação de 124,2 mm o tratamento SN sem geotêxtil gerou 34,45 g/m² de sedimentos transportados, seguido do tratamento GT atingindo 15,85 g/m², o tratamento GJ gerou 3,02 g/m² e o menor valor encontrado foi no tratamento GO com a perda de 1,92 g/m² de sedimentos (Tabela 04).

TABELA 04 – Variação mensal de precipitação e perda de sedimentos nos tratamentos GT, GJ, GO e SN.

Meses	Precipitação (mm)	Sedimentos (g/m ²) GT	Sedimentos (g/m ²) GJ	Sedimentos (g/m ²) GO	Sedimentos (g/m ²) SN
Junho	93,4	1,69	0,58	0,12	0,12
Julho	153,6	7,58	3,14	0,81	6,42
Agosto	72,1	2,66	2,41	1,68	6,36
Setembro	63,3	8,79	3,16	3,29	6,52
Outubro	124,2	15,86	3,02	1,92	34,45

GT = Geotêxteis de Taboa, GJ = Geotêxteis de Junco, GO = Geotêxteis de Ouricuri, SN = Solo sem Geotêxtil.

Fonte: Autora, 2015

A ocorrência de chuvas na área experimental influenciou diretamente os resultados de transporte de sedimentos, principalmente no tratamento SN onde houve uma maior perda dos sedimentos ocasionados pela pouca infiltração gerando um maior deflúvio superficial e consequentemente, maior transporte de sedimentos.

Nas parcelas com uso de geotêxteis observou-se maior absorção da umidade, garantindo uma maior infiltração, além dos geotêxteis servirem como obstáculos ao escoamento superficial diminuindo o transporte de sedimentos. Nesse processo, destaca-se a importância do desenvolvimento da cobertura vegetal reforçando a proteção do solo e garantindo maior infiltração através das raízes e diminuindo o transporte de partículas na superfície do solo.

Foi observado principalmente no mês de agosto, após 90 dias de implantação do experimento e com um bom desenvolvimento de cobertura vegetal, que houve uma redução nos valores de perda de sedimentos. O tratamento GT com 2,66 g/m², o GJ com 2,41 g/m², o GO registrado o menor valor com 1,68 g/m² e o maior valor foi no tratamento sem geotêxtil

SN com $6,36 \text{ g/m}^2$. Observa-se pelos valores de perda de sedimentos na comparação dos tratamentos com geotêxteis (GT, GJ e GO) em relação ao tratamento SN (Solo sem geotêxtil), que há uma diferença significativa no total de sedimentos perdidos, demonstrando dessa forma a eficiência dos geotêxteis na contenção da erosão (Figura 43).

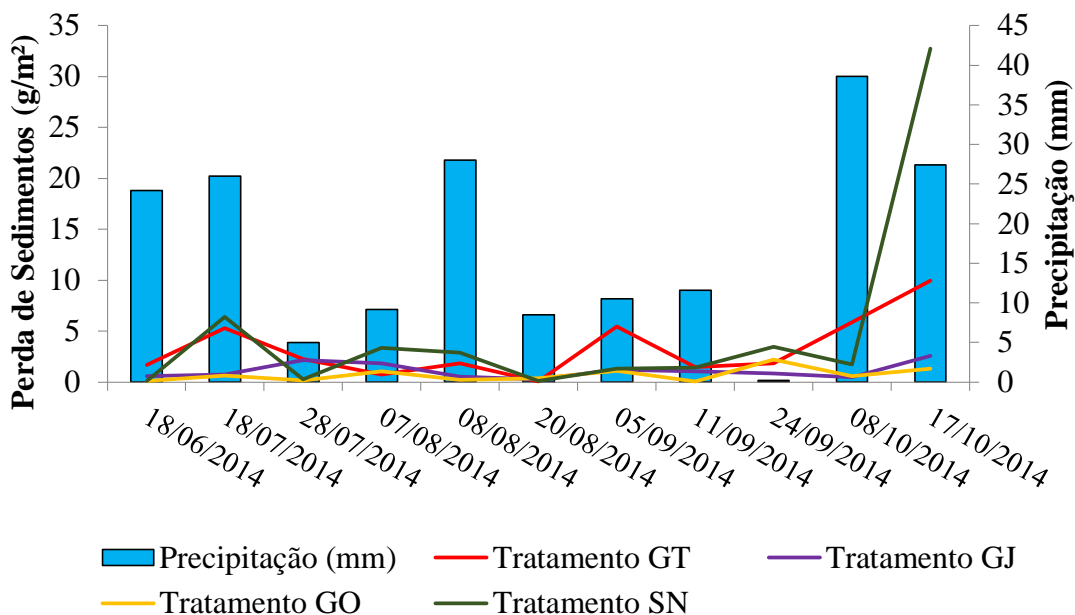


FIGURA 43 – Variação entre precipitação e perda de sedimentos nos tratamentos GT, GJ, GO e SN por dia de coleta.

Fonte: Autora, 2015

O mês de Outubro destacou-se pela maior precipitação diária registrada, atingindo 38,6 mm de chuva, e associado a um período seco para este mês na área do experimento, sendo então observada elevada perda de sedimentos principalmente nos tratamentos SN com $34,45 \text{ g/m}^2$ de sedimentos seguidos dos tratamentos GT com $15,86 \text{ g/m}^2$ de sedimentos, esses valores foram os maiores registrados em coleta diária. Esse comportamento pode ser creditado à menor cobertura vegetal por conta de estresse hídrico característico desse mês quando ocorre acentuada perda da cobertura vegetal porque as folhas caducam, situação típica de uma área em que o regime hídrico é caracterizado pela presença de uma vegetação caducifólia.

Os tratamentos GJ e GO comportaram-se como em todo o monitoramento com os menores valores de perda de sedimentos com $3,02 \text{ g/m}^2$ para GJ e $1,92 \text{ g/m}^2$ para o GO considerado o mais eficiente para redução no transporte de sedimentos. Porém foi considerado nos testes de tração com os menores valores de resistência quando submetidos aos agentes ambientais.

É importante ressaltar que os geotêxteis de fibras naturais possuem a característica biodegradável por proporcionar temporariamente a proteção do solo até que se desenvolva a cobertura vegetal. Os geotêxteis garantem uma proteção inicial, formando uma barreira contra o escoamento superficial e a remoção de partículas (BEZERRA, 2011). Assim as técnicas devem ser associadas às outras buscando a melhor conservação e reabilitação de áreas degradadas por erosão.

Os resultados alcançados por Bezerra (2006) com teste de geotêxteis de fibra de Buriti (*Mauritia flexuosa*) informam que os geotêxteis além de absorver a umidade, devido a suas propriedades inerentes ao tecido vegetal, também formaram uma barreira contra a energia cinética das chuvas, dificultando a movimentação das partículas soltas no solo que causam a selagem dos poros.

Mendonça (2006) ao testar geotêxteis de fibras naturais de Buriti (*Mauritia flexuosa*), Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.), Carnaúba (*Copernicia prunifera* Mill) e Babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.), constatou que o mais eficiente na contenção de sedimentos foi o geotêxteis de Buriti com uma redução de 77% dos sedimentos, seguida a de Tucumã e Carnaúba com redução de 51 % e a de Babaçu com 44%.

Os resultados apresentados nesta pesquisa reforçam a importância da aplicação de técnicas de bioengenharia de solos para o controle de erosão em taludes. O uso de Geotêxteis biodegradáveis proporcionou a proteção do solo, favorecendo o desenvolvimento da cobertura vegetal além de minimizar a ação dos agentes erosivos no talude. Visto que os solos sem a proteção da cobertura vegetal estão mais susceptíveis aos processos erosivos principalmente aos agentes pluviométricos, associados à morfologia do terreno e estrutura do solo.

5.2.5 Erosão/deposição de sedimentos a partir do monitoramento de estacas nos tratamentos experimentais

Buscando-se compreender não somente a quantificação do arraste de sedimentos, se faz necessário entender a sua dinâmica no talude.

Constataram-se diferenças nas taxas de erosão e deposição nos tratamentos com e sem geotêxteis, revelando a dinâmica do transporte de sedimentos na superfície dos solos, a partir dos resultados obtidos em campo com o monitoramento de estacas nos tratamentos GO1, GT1, SN1, GO2, GT2, GJ2, SN2 e GJ3 (Figura 44), onde GO1 (tratamento com Geotêxtil de

Ouricuri, repetição Bloco 01), GT1 (tratamento com Geotêxtil de Taboa, repetição Bloco 01), SN1 (tratamento com Solo sem geotêxtil, repetição Bloco 01), GO2 (tratamento com Geotêxtil de Ouricuri, repetição Bloco 02), GT2 (tratamento com Geotêxtil de Taboa, repetição Bloco 02), GJ2 (tratamento com Geotêxtil de Junco, repetição Bloco 02), SN2 (tratamento com Solo sem geotêxtil, repetição Bloco 02) e GJ3 (tratamento com Geotêxtil de Junco, repetição Bloco 03). Durante as medições com uso de régua, os valores acima de 15 cm foram considerados áreas de erosão, enquanto que os valores abaixo de 15 cm foram considerados áreas de deposição.

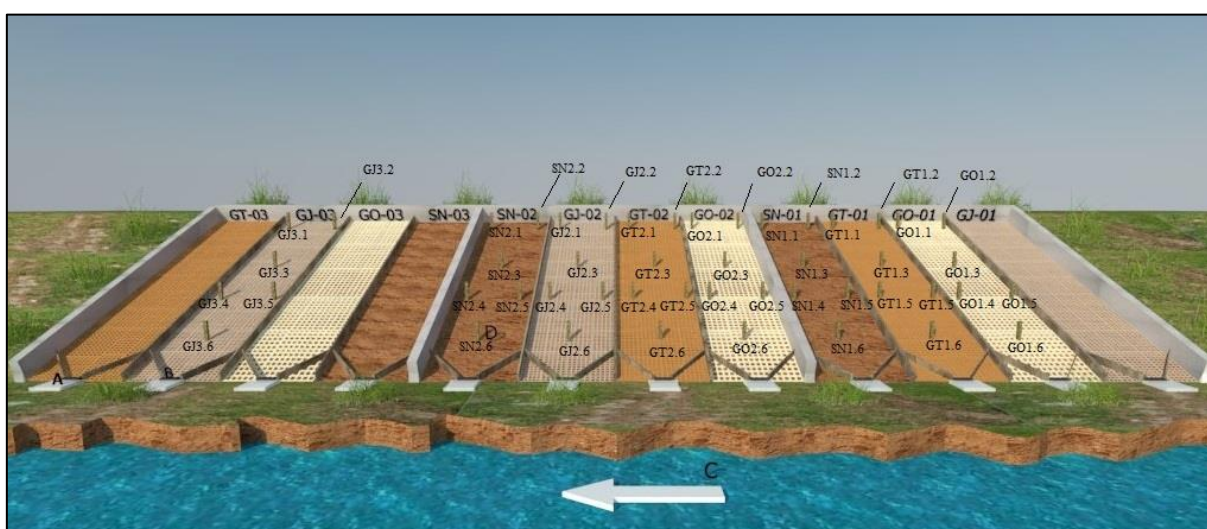


FIGURA 44 – Área experimental com a posição das estacas em cada um dos tratamentos
Fonte: Autora, 2015

Avaliou-se em campo, tratamentos com e sem geotêxteis, e nas parcelas com geotêxteis registrou-se a presença de cobertura vegetal a partir de 90 dias da implantação da área experimental. Levou-se em consideração os fatores controladores da erosão dentre eles a chuva, a declividade, as propriedades do solo e a cobertura vegetal que influenciam diretamente na geração de escoamento superficial, ocasionando o transporte de sedimentos e consequentemente a erosão dos solos. Para Morgan *et. al.* (1997) a velocidade do fluxo tende a aumentar mais rapidamente na parcela com solo exposto que em parcelas com cobertura vegetal. Além da influência da declividade no aumento do fluxo superficial e transporte de sedimentos.

Segundo Bezerra (2011), os caminhos preferenciais do escoamento superficial podem influenciar diretamente nos resultados de erosão ou deposição nos tratamentos. Pois o

escoamento superficial é um fator primordial e independente nos modelos da erosividade, desde que a perda de solo seja resultado do fluxo superficial e do acúmulo de sedimentos (BAGARELLO *et. al.*, 2011).

Durante todo o período de monitoramento registrou-se a precipitação mensal acumulada para relacionar a precipitação com o transporte de sedimentos nos meses de coleta de dados em campo (Figura 45).

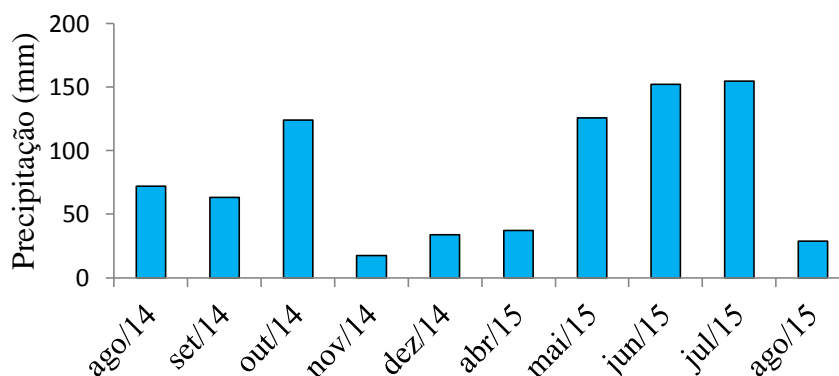


FIGURA 45 – Precipitação mensal acumulada no período do monitoramento das estacas

Fonte: INMET. 2015.

O período de monitoramento foi de Agosto de 2014 a Agosto de 2015, sendo que o primeiro mês registrou uma precipitação acumulada de 72,4 mm. Em Agosto de 2014 não houve registro de erosão e nem deposição através das medições nas estacas em nenhum dos tratamentos.

No tratamento GT1 com geotêxtil de Taboa, observou-se uma dinâmica completamente diferente se comparada com o tratamento GO1. Neste, houve uma espacialização entre a erosão e deposição registrada nas medições das estacas em campo. Observou-se que a deposição ocorreu nas estacas de posição mais superior no tratamento a GT1.1 e GT1.2 em quase todos os meses, exceto o mês de agosto que ocorreu erosão (Figura 46). Quanto à erosão, observou-se uma maior ocorrência nas estacas mais ao centro e na parte inferior do tratamento GT1.3, GT1.4, GT1.5 GT1.6. Apenas no mês de agosto predominou erosão em todas as estacas com destaque para a GT1.3 que apresentou 3cm de sedimentos perdidos. O geotêxtil de Taboa nesse tratamento pode ter influenciado no escoamento superficial com a dispersão do fluxo de águas em todo o tratamento, pois esta fibra se manteve sem se degradar durante todo o monitoramento, o que resultou em uma menor perda de sedimentos nesse tratamento.

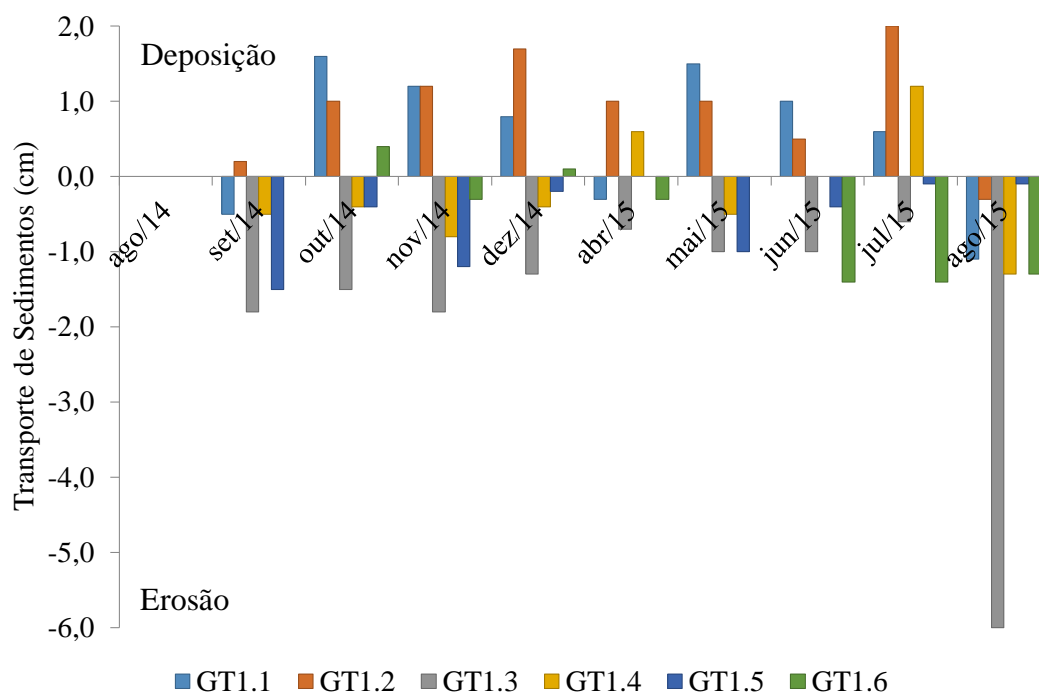


FIGURA 46 – Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GT1 - Tratamento com Geotêxtil de Taboa, repetição (Bloco 01) e posição das estacas no talude (GT1.1, GT1.2, GT1.3, GT1.4, GT1.5, GT1.6)

Fonte: Autora, 2015.

O tratamento com geotêxtil de taboa (GT2) mostrou que houve um grande transporte de sedimentos das estacas GT2.1, GT2.3, GT2.4 e GT2.5 com a deposição expressiva na estaca de posição inferior no tratamento (Figura 47), explicada pela posição da estaca, uma vez que espera-se deposição nas posições mais baixas de uma rampa quando se avalia os processos erosivos. Vale destacar que a deposição foi mais evidente nos meses de abril e agosto, e comparando com a repetição 01 do tratamento com uso de geotêxtil de taboa, neste ocorreu mais erosão, enquanto que na repetição 01 houve um equilíbrio entre erosão e deposição.

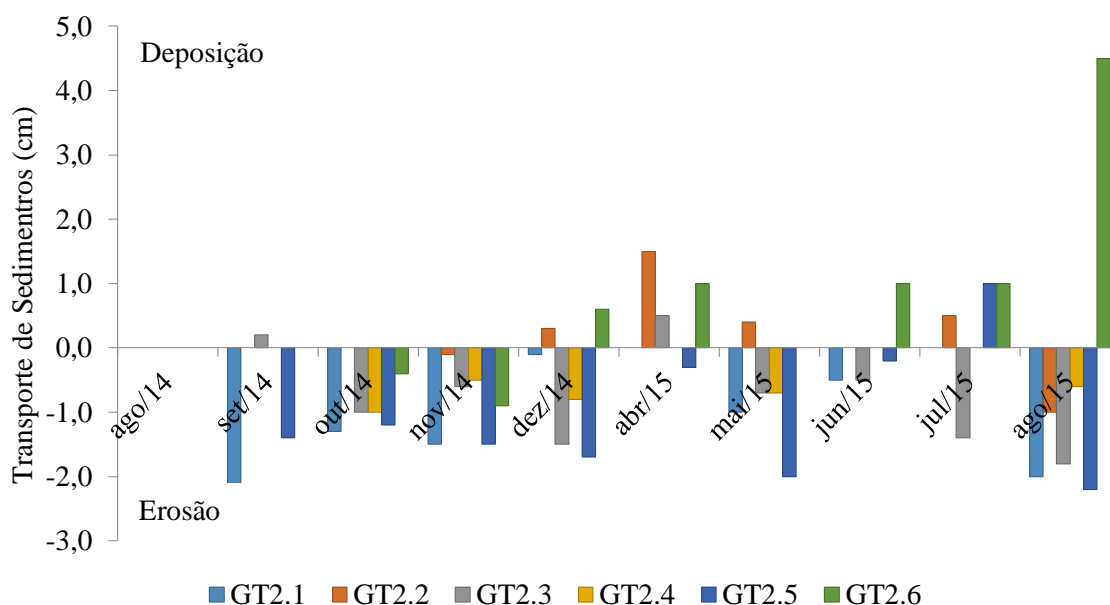


FIGURA 47 – Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GT2 - Tratamento com Geotêxtil de Taboa, repetição (Bloco 02) e posição das estacas no talude (GT2.1, GT2.2, GT2.3, GT2.4, GT2.5, GT2.6)

Fonte: Autora, 2015.

No tratamento com geotêxtil de junco (GJ2) a erosão se concentrou especificamente em três posições de estacas a GJ2.1, GJ2.2 e GJ2.3 localizadas na parte superior do tratamento com destaque para uma maior erosão no mês de agosto. Nas estacas de posição mais inferior GJ2.4, GJ2.5 e GJ2.6 registrou-se deposição de solo em todos os meses no período analisado. Vale destacar que a estaca GJ2.3 localizada na parte central do tratamento apresentou erosão nos meses de menores precipitações e deposição apenas nos meses de maiores precipitações (Figura 48). Esse comportamento é esperado, pois com precipitação menor, pode não ter ocorrido volume suficiente de enxurrada que resultasse em arraste de partículas do solo, mas suficiente para ocorrer alguma mobilização de sedimentos, mesmo que para distâncias mais curtas. Como já ressaltado, mesmo com a implantação de geotêxtil nesse tratamento, o mesmo já encontrava-se biodegradado, porém com a presença de cobertura vegetal.

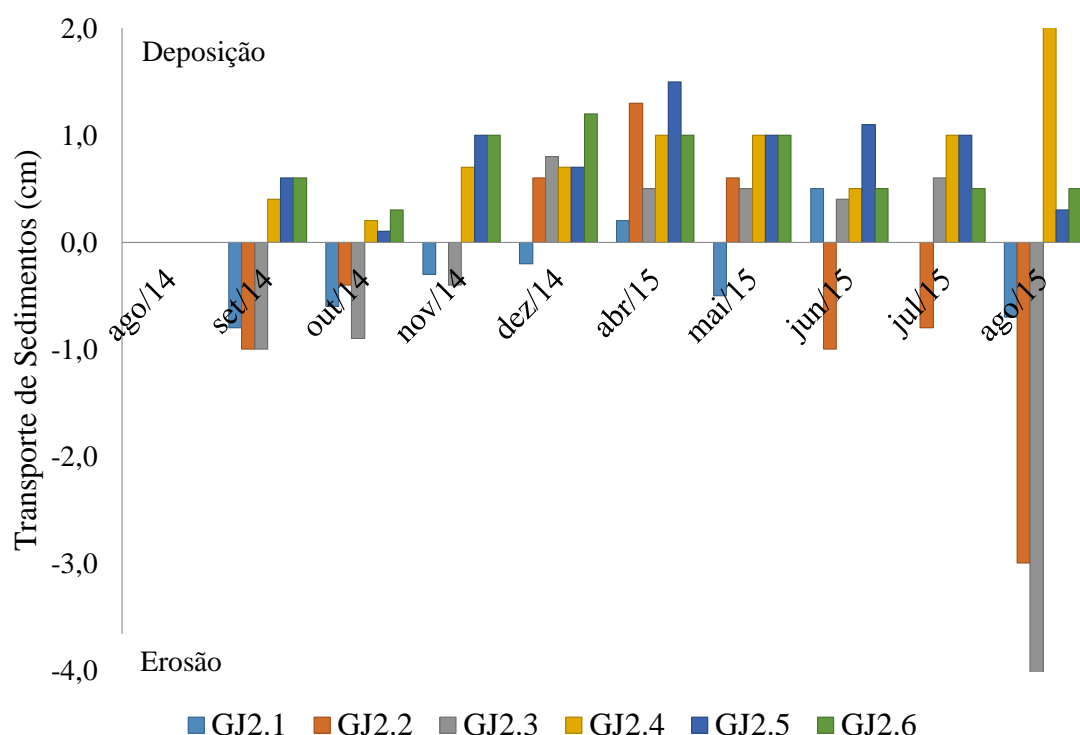


FIGURA 48 – Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GJ2 - Tratamento com Geotêxtil de Junco, repetição (Bloco 02) e posição das estacas no talude (GJ2.1, GJ2.2, GJ2.3, GJ2.4, GJ2.5, GJ2.6)

Fonte: Autora: 2015.

O tratamento com geotêxtil de Junco (GJ3) mostrou que houve tanto erosão quanto deposição, porém a deposição concentra-se na estaca GJ3.6 localizada mais na parte inferior, além da deposição registrada também nas estacas GJ3.1 e GJ3.2 (Figura 49). Neste tratamento, a erosão ocorreu mais nas estacas de posição central GJ3.2, GJ3.3 e GJ3.4, e tanto a erosão quanto deposição ocorreu em todos os meses de monitoramento independente da precipitação, diferente da repetição 01 onde também com uso de junco se evidenciou mais deposição que erosão.

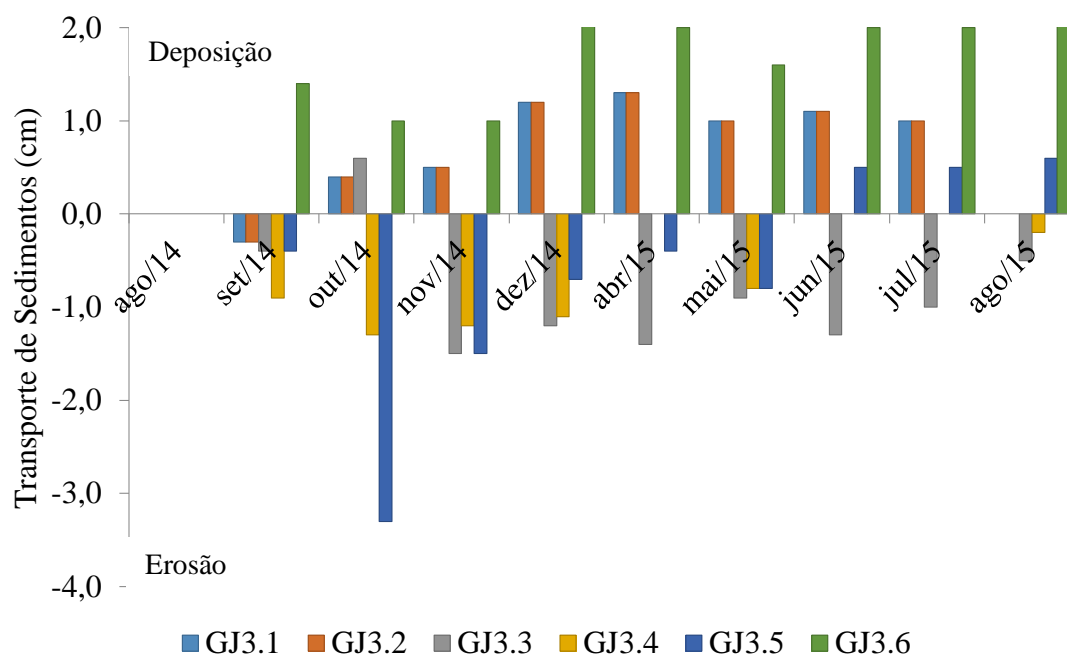


FIGURA 49 – Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GJ3 - Tratamento com Geotêxtil de Junco, repetição (Bloco 03) e posição das estacas no talude (GJ3.1, GJ3.2, GJ3.3, GJ3.4, GJ3.5, GJ3.6)

Fonte: Autora, 2015.

O tratamento com geotêxtil de ouricuri (GO1) apresentou em todos os meses o predomínio de erosão em quase todas as estacas, com exceção da estaca GO1.5 que nos meses de abril, junho, julho e agosto houve deposição dos sedimentos transportados nesse tratamento. Em quantidade bem reduzida a estaca GO1.6 no segundo mês de maior precipitação também apresentou deposição. Foi nos meses de maiores precipitações em junho e julho que ocorreu o maior volume de deposição dos sedimentos. Vale destacar que nesse período de monitoramento os geotêxteis já encontrava-se em acelerado processo de degradação (Figura 50).

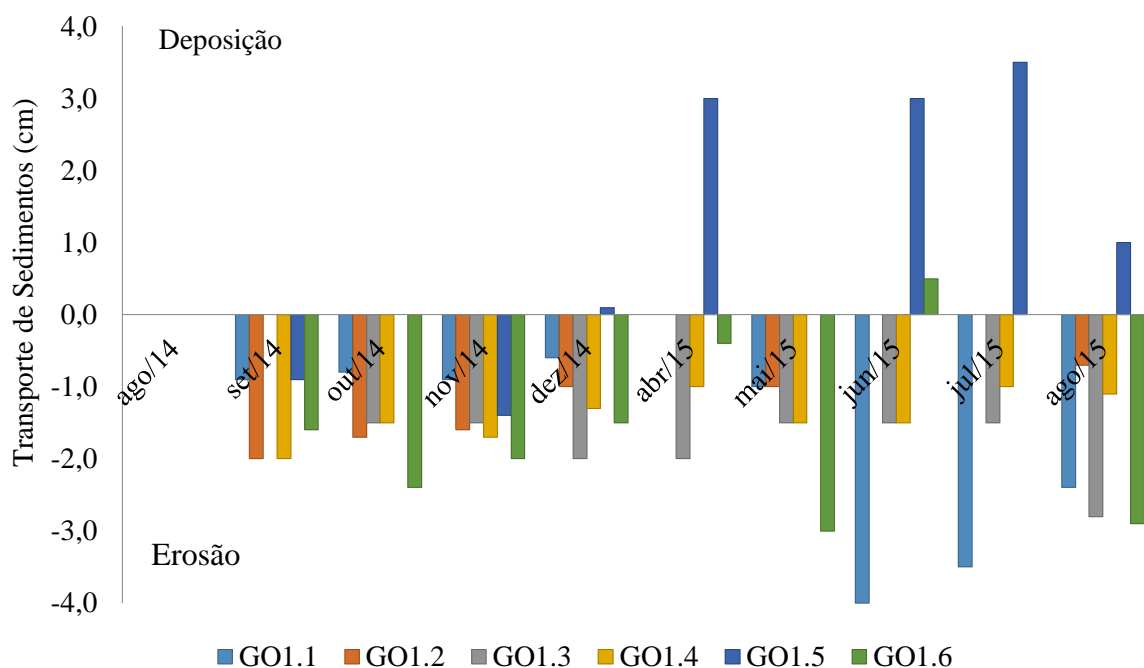
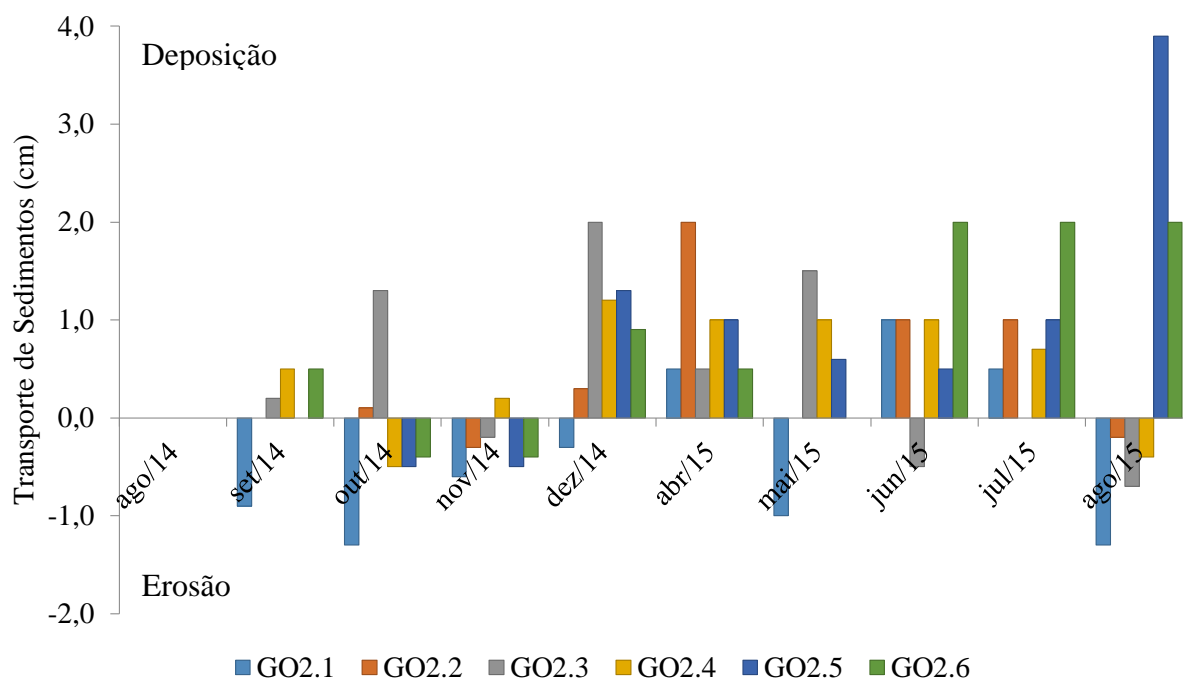


FIGURA 50 – Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GO1 - Tratamento com Geotêxtil de Ouricuri, repetição (Bloco 01) e posição das estacas no talude (GO1.1, GO1.2, GO1.3, GO1.4, GO1.5, GO1.6)

Fonte: Autora, 2015.

Esse tratamento revelou a dinâmica do escoamento superficial, o que resultou na erosão através do transporte das partículas de sedimentos. E a deposição ocorreu nas estacas de posição mais inferior no tratamento, ou seja, no final da rampa onde se espera a ocorrência mais acentuada de deposição.

O tratamento com geotêxtil de ouricuri (GO2) mostrou que nos meses de setembro a novembro predominou a erosão, ainda que em pequena proporção. Observou-se no período de dois meses com precipitação em setembro e outubro de 63,3 e 124,2 respectivamente, uma deposição mais evidente no mês de outubro na estaca GO2.3 (Figura 51), embora não tão expressiva. Nesse tratamento os meses de maiores precipitação registrou-se deposição em quase todas as estacas. Vale ressaltar a presença de uma cobertura vegetal rasteira nesse tratamento, pois mesmo com o transporte de sedimentos a deposição foi maior que a erosão.



FIGUARA 51 – Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento GO2 - Tratamento com Geotêxtil de Ouricuri, repetição (Bloco 02) e posição das estacas no talude (GO2.1, GO2.2, GO2.3, GO2.4, GO2.5, GO2.6)

Fonte: Autora, 2015.

No tratamento sem geotêxtil (SN1) ocorreu erosão mais expressiva nos meses de setembro a dezembro, nas estacas de posição inferior SN1.6 e SN1.4, e nos meses seguintes de maiores precipitações de abril e agosto a erosão segue nas estacas de posição superiores SN1.2 e SN1.3 com deposição na estaca SN1.5 (Figura 52). A ausência de geotêxteis e também de cobertura vegetal nesse tratamento evidenciou o fluxo superficial com transporte de sedimentos de forma acentuada, onde a deposição foi em maior proporção na estaca SN1.1. Também a maior declividade influenciou diretamente no aumento da velocidade da enxurrada.

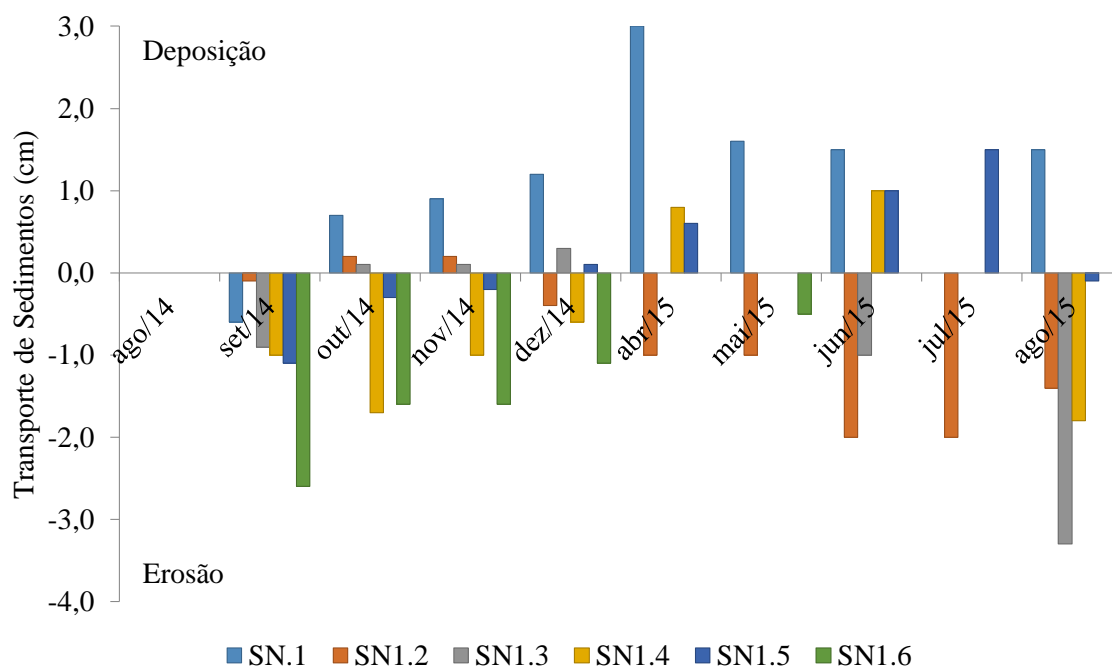


FIGURA 52 – Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento SN1 - Tratamento sem geotêxtil, repetição (Bloco 01) e posição das estacas no talude (SN1.1, SN1.2, SN1.3, SN1.4, SN1.5, SN1.6)

Fonte: Autora, 2015.

O tratamento com solo sem geotêxtil (SN2) evidenciou nos meses de setembro a dezembro a maior ocorrência de erosão em quase todas as estacas, principalmente as de posições mais inferiores. Porém no meses de abril a agosto ocorreu maior deposição na estaca SN2.2 com posição superior no tratamento (Figura 53). A ausência do geotêxtil associado a ausência da cobertura vegetal, bem como do geotêxtil protetor do solo mostra uma dinâmica diferenciada, que evidencia também uma erosão na estaca SN2.6 situada na base. Diferente do tratamento SN1, esse tratamento registrou mais deposição que erosão.

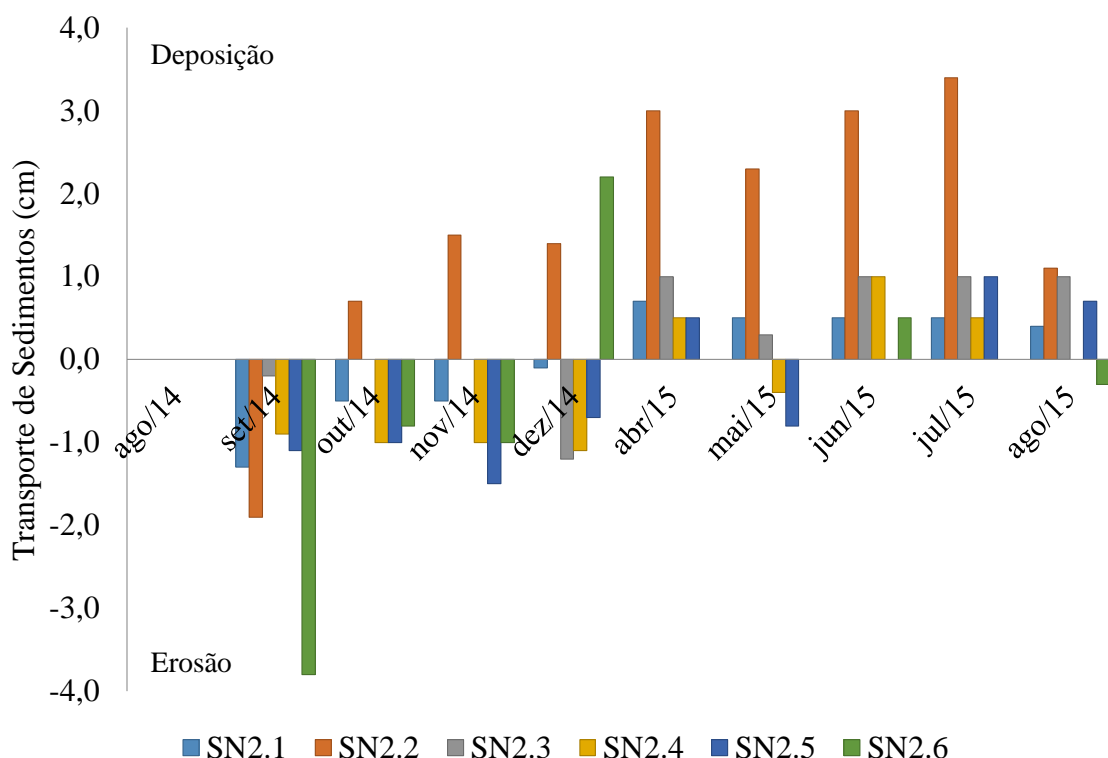


FIGURA 53 – Níveis de erosão e deposição das estacas de erosão no tratamento SN2 - Tratamento sem geotêxtil, repetição (Bloco 02) e posição das estacas no talude (SN2.1, SN2.2, SN2.3, SN2.4, SN2.5, SN2.6).

Fonte: Autora, 2015.

Vale destacar que no último mês de monitoramento em agosto de 2015, a precipitação foi de 28,70 mm, em um período em que se encontrava estabelecida uma cobertura vegetal na área do experimento, o que vem confirmar a importância da vegetação na proteção do solo, principalmente contra os impactos de gotas da chuva, favorecendo a infiltração, diminuindo desta forma o escoamento superficial. Mesmo que se tenha constatado que houve transporte de sedimentos este não foi o mês que apresentou os maiores valores de erosão entre os tratamentos, comparado aos meses de junho e julho.

Levando em consideração a influência da precipitação para o transporte de sedimentos constatou-se que foi justamente nos meses de maiores precipitações que ocorreram as maiores perdas de sedimentos, especificamente entre os meses de Abril a Julho, diferentemente dos período mais secos principalmente de setembro à dezembro, com exceção do mês de outubro. Logo, deve-se ter o cuidado em preservar uma cobertura vegetal que possa agir na proteção do solo garantindo uma boa infiltração e evitando o escoamento superficial com perdas de sedimentos e consequentemente a erosão. Por isso, é importante o uso de geotêxteis que funcione como proteção ao solo até que se desenvolva a cobertura vegetal.

5.2.6 Análise granulométrica

Na análise granulométrica do solo nos pontos amostrais, percebeu-se que, de modo geral, predominou a classe textural franco-argilo-arenosa em todos os tratamentos, seguido em menor proporção da classe textural franco arenosa. Apenas no tratamento (GT) identificou-se a classe textural areia franca em um ponto amostral na camada superficial (0-20) cm. Este tratamento está localizado no experimento em área com solos de características mais arenosas (Figura 54).

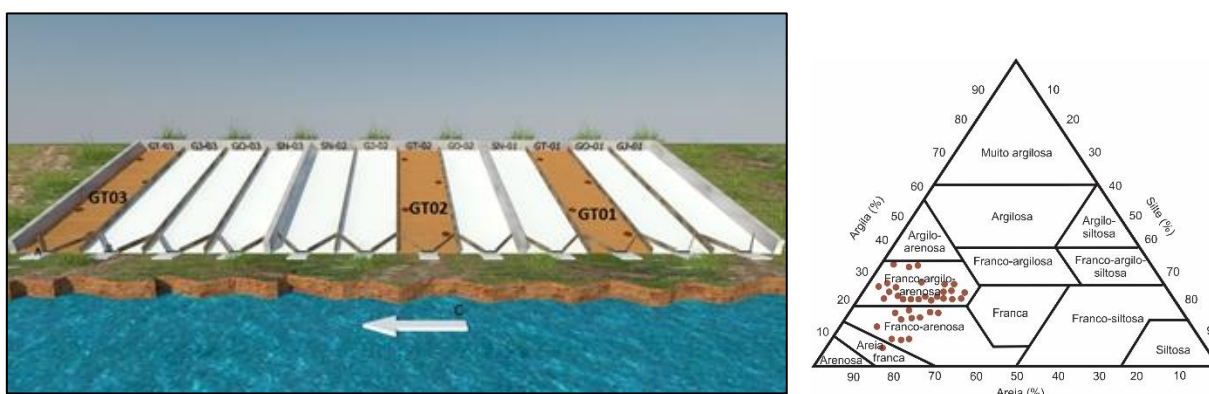


FIGURA 54 – Croqui do ensaio experimental, com destaque para o tratamento Geotêxtil de Taboa (GT) e Diagrama Triangular das Classes Texturais com destaque para a classe do tratamento GT.

Fonte: Autora, 2015.

Das 36 amostras para o tratamento GT nas diferentes profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm predominou 66,67 % da Classe textural Franco-argilo-arenosa, 30,56 % Franco-arenosa e 2,77 % Areia franca, este último representado por apenas um dos pontos de coleta.

Considerando as profundidades adotadas para a análise granulométrica, os resultados mostraram-se homogêneos no que diz respeito às profundidades, e assim como no tratamento GT, o GJ destacou-se em um dos pontos amostrais a presença da Classe Textural Argilo-arenosa . Esta correspondente a amostras na profundidade 40-60 e localizada na extremidade da área experimental, oposta ao tratamento GT, onde observa-se a ocorrência de um único ponto com a classe textural Areia franca (Figura 55).

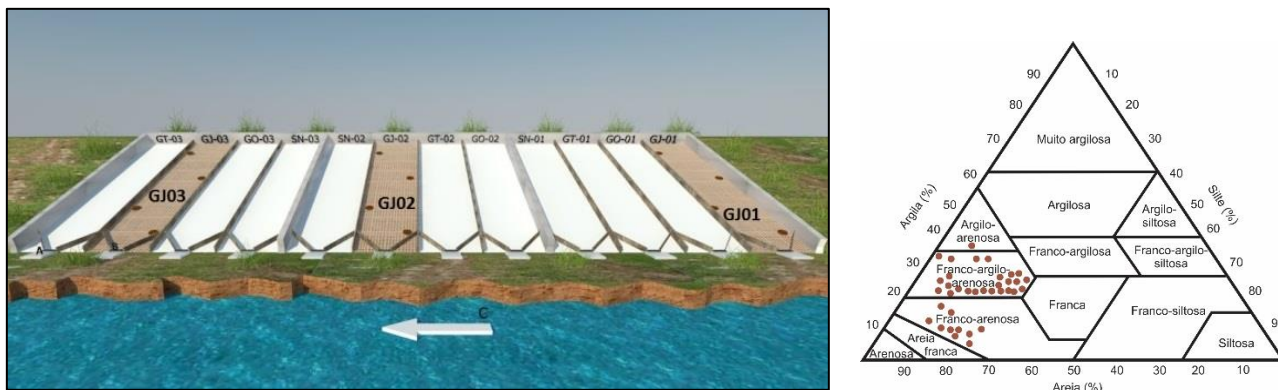


FIGURA 55 – Croqui do ensaio experimental, com destaque para o tratamento Geotêxtil de Junco (GJ) e Diagrama Triangular das Classes Texturais com destaque para a classe do tratamento GJ.
Fonte: Autora, 2015.

Dos totais de pontos de coletas para o tratamento GJ obteve-se em maior proporção a Classe textural Franco-argilo-arenosa representada por 69,44% das amostras, seguido de 27,78 % da Classe Textural Franco-arenosa e apenas uma amostra apresentou a Classe Textural Argilo-arenosa representada por 2,78%.

No tratamento GO como já confirmado nos demais tratamentos predominou a Classe Textural Franco-argilo-arenosa em 75% das amostras e em apenas 25% constituídas da Classe Franco-arenosa (Figura 56). Em todas as parcelas desse tratamento destacou-se a característica arenosa em maior quantidade.

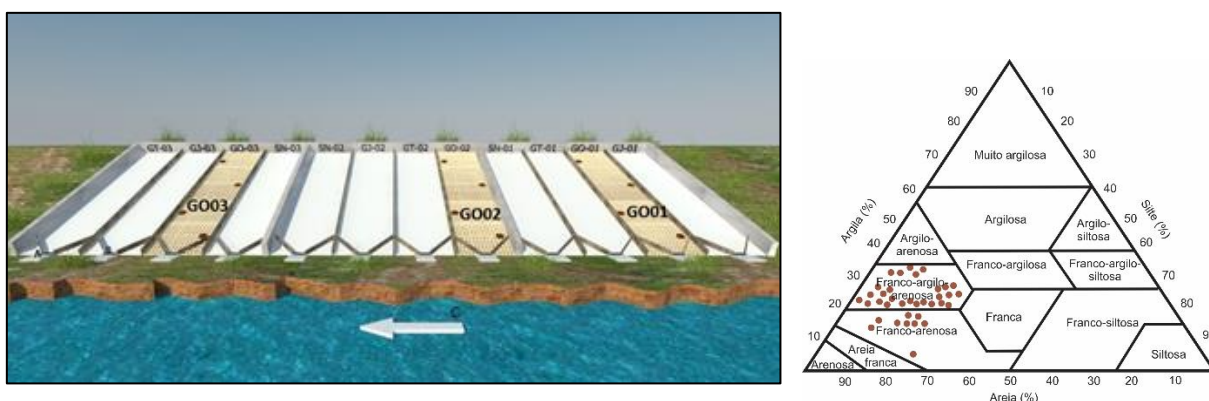


FIGURA 56 – Croqui do ensaio experimental, com destaque para o tratamento Geotêxtil de Ouricuri (GO) e Diagrama Triangular das Classes Texturais com destaque para a classe do tratamento GO.
Fonte: Autora, 2015.

O Tratamento SN é o único sem o uso de geotêxteis e apresentou resultados semelhantes aos demais tratamentos, pois predominou a Classe Textural Franco-argilo-arenosa em maior quantidade que os demais representado por 80,55% das amostras de solo e em apenas 07 pontos amostrais caracterizou-se como Franco-arenosa com 19,45% das

amostras (Figura 57). No tratamemnto sem geotêxtil, na comparação com os demais, é o que representa maior percentual de finos (silte + argila), o que o torna do ponto de vista da textura, menos vulnerável pela maior coesão do solo. No entanto devido à ausência de proteção com geotêxtil, sua exposição direta, ou quase, à precipitação pluviométrica ou escoamento superficial reforça assim a importância dos geotêxteis como componente no controle da erosão.

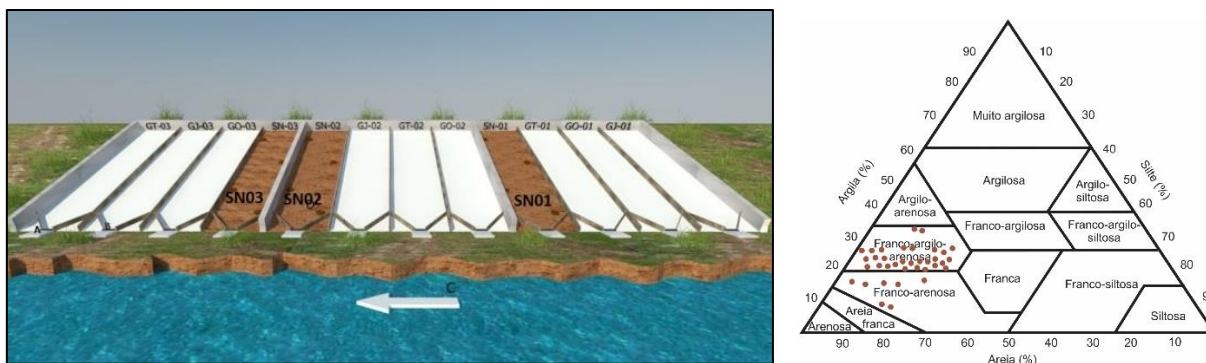


FIGURA 57 – Croqui do ensaio experimental, com destaque para o tratamento sem geotêxtil (SN) e Diagrama Triangular das Classes Texturais com destaque para a classe do tratamento SN.

Fonte: Autora, 2015.

De modo geral, a média do componente textural areia em todos os tratamentos foi de 70% nas diferentes profundidades, o que acarreta uma maior susceptibilidade à erosão. Os Neossolos Flúvicos em geral se apresentam com predominância de partículas mais arenosas, explicando a forte presença de processos erosivos nesses taludes. Conforme Bezerra (2011) a maior concentração de fração areia caracteriza-se por uma maior probabilidade à ação dos agentes erosivos, em relação à alta erodibilidade natural e a grande vulnerabilidade de transporte de partículas de solo.

Quanto à granulometria dos sedimentos carreados por erosão superficial observou-se que os tratamentos com geotêxteis (GT, GJ e GO) diferiram ao tratamento sem geotêxtil (SN). Nos tratamentos com uso de geotêxtil predominou a Classe Textural Areia Franca, mostrando que o uso dos geotêxteis foi eficiente na retenção dos sedimentos de granulometria mais fina.

Entre os tratamentos com geotêxteis dos sedimentos carreados, destaca-se o tratamento GO com o maior percentual de areia o correspondente a 73,51% e com 15,43% de silte e apresentou o menor valor de argila com 11,05%. Este mesmo tratamento destacou-se como o que mais reteve os sedimentos no experimento, diminuindo significativamente o transporte de partículas sólidas. Ratifica-se a grande importância exercida pela proteção do

geotêxtil que em situação de maior vulnerabilidade do solo à erosão, exerce papel fundamental na retenção do sedimento, impedindo o seu livre arraste.

Os tratamentos GT e GJ não apresentaram diferenças significativas nos percentuais de areia, silte e argila, levando à classificação para a mesma classe textural. As maiores diferenças apresentam-se no tratamento SN o uso de geotêxteis, pois apenas neste ocorreu a Classe Textural Franco arenosa, diferenciando-se dos demais tratamentos (Tabela 05). No tratamento sem geotêxtil foi encontrado o menor valor do teor de Areia (52,17%), porém destacam-se os maiores valores de Silte (23,78%) e Argila (23,51%), o que pode ser ocasionado pela exposição direta do solo às gotas da chuva, ocorrendo um maior escoamento superficial e conseqüentemente o maior transporte de partículas de solo. Com os valores apresentados reforça-se a importância da cobertura vegetal como proteção contra a erosão dos solos. Bem como a eficiência dos geotêxteis protegendo o solo até o desenvolvimento da cobertura vegetal.

TABELA 05 – Classe textural dos sedimentos carregados pela erosão superficial

Tratamentos	Areia %	Silte%	Argila%	Classes Textural
GT	66,05	14,94	19,01	Areia Franca
GJ	67,85	16,97	15,17	Areia Franca
GO	73,51	15,43	11,06	Areia Franca
SN	52,71	23,78	23,51	Franco Arenosa

Geotêxtil de Taboa (GT), Geotêxtil de Junco (GJ), Geotêxtil de Ouricuri (GO), Solo sem geotêxtil (SN)

Fonte: Autora, 2015.

Estudos realizados por Bezerra (2006) também mostram a eficiência dos geotêxteis quanto a retenção dos sedimentos comparando dois tratamentos, um com uso de geotêxteis e outro sem geotêxteis. Os tratamentos com geotêxtil apresentaram 79% de areia, 16% de argila e 5% de silte. Diferenciando-se dos tratamentos com solo exposto que apresentaram 83% de areia, 11% de argila e 6% de silte. O impacto direto das gotas de chuva ocasionou a movimentação das partículas do solo, causando erosão por salpicamento, o que não ocorreu na parcela com geotêxtil.

É evidente que a associação dos geotêxteis com a cobertura vegetal serviu como proteção ao solo contra o transporte de sedimentos, o que não ocorreu no tratamento sem geotêxtil. A presença do geotêxtil possibilitou o desenvolvimento de importante cobertura e

proteção ao solo, sendo esse geotêxtil posteriormente biodegradado e substituído pela cobertura vegetal.

Diante dos resultados apresentados reforça-se a importância da cobertura vegetal no solo, esta que foi proporcionada ao experimento a partir do uso de geotêxteis biodegradáveis que possibilitam a proteção ao solo até que a vegetação promova a cobertura do talude, assim controlando a erosão.

5.2.7 Teor de matéria orgânica

A degradação dos geotêxteis de fibras naturais exerceu importante função na área, proporcionando matéria orgânica ao solo a partir de sua própria estrutura, registrado no experimento principalmente nos tratamentos com geotêxtil de Junco (GJ) de forma mais expressiva (Figura 58). Em tempo, o material orgânico do solo é constituído por materiais originários de resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição (EMBRAPA, 2013).

A matéria seca é composta por carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e elementos minerais e apesar de 90% da matéria seca ser carbono, oxigênio e hidrogênio, os outros elementos desempenham papel vital na nutrição das plantas (BRADY, 1976).



FIGURA 58 – Aspecto da degradação do geotêxtil no tratamento GJ

Fonte: Autora, 2014.

Com os dados obtidos observou-se que os maiores valores de teor de matéria orgânica foram encontrados nos tratamentos GJ e GO e os menores no GT e SN. Com este resultado ao fazer-se a relação direta com os níveis de degradação dos geotêxteis na área experimental,

pois nos tratamentos nos quais obteve-se os maiores teores de matéria orgânica também ocorreram os mais acelerados níveis de degradação dos geotêxteis de fibra de Junco (GJ) e geotêxteis de fibras de Ouricuri (GO) (Tabela 06).

TABELA 06 – Teor de matéria orgânica e carbono dos sedimentos carregados por escoamento superficial no experimento

Tratamentos	Carbono (g/kg)	Carbono (%)	Teor matéria Orgânica %
GT	8,14	0,81	1,40 b
GJ	11,77	1,17	2,03 a
GO	12,21	1,22	2,10 a
SN	9,16	0,91	1,58 b

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

Fonte: Autora, 2015

Pode-se afirmar que a biodegradação dessas fibras naturais proporcionou ao solo uma maior concentração de teor de matéria orgânica, diferentemente do tratamento GT com uso de geotêxteis de fibra de taboa que durante o período de monitoramento do experimento não ocorreu significativa degradação da fibra, sendo visível os geotêxteis no experimento até 180 dias. O tratamento SN correspondente ao solo sem geotêxteis este também apresentou baixo teor de matéria orgânica.

Existe o aspecto relevante do possível acréscimo de matéria orgânica ao solo, porém essa degradação mais rápida também significa menor resistência do geotêxtil às variáveis climáticas. Se o material se degrada sem que ainda ocorra no talude uma boa cobertura vegetal, esse aspecto de acréscimo de matéria orgânica passa a ser uma desvantagem. Ademais, não se sabe o quanto dessa matéria orgânica é proveniente da degradação do geotêxtil, podendo ser grande parte resultado da decomposição do material vegetal que se desenvolve, a partir da condição favorável de conservação de umidade proporcionada pela proteção do geotêxtil.

6 CONCLUSÕES

A relação homem e meio ambiente tem se mostrado em constante desequilíbrio, resultando em fortes impactos ambientais. A construção de barragens ao longo do curso do Rio São Francisco alterou consideravelmente a dinâmica fluvial do rio, a partir da regularização da vazão ocasionando impactos ambientais no Baixo São Francisco, refletidos na acelerada erosão das margens.

No monitoramento da erosão no talude na margem direita do Baixo São Francisco constatou-se a perda de solo ocasionada pelo processo ativo da erosão das margens do rio. Mesmo considerando as baixas vazões nos últimos quatro anos, outros fatores foram responsáveis pela erosão, dentre eles, as propriedades físicas do solo com a textura mais arenosa, que compõe um talude mais vulnerável registrando os maiores volumes de perda de solo.

Constatou-se também através do perfil batimétrico que a aproximação ou distanciamento do talvegue não influenciou diretamente a erosão da margem direita, porém foi evidenciado um foco de erosão na margem oposta em uma barra arenosa.

Os testes realizados com os geotêxteis de fibras naturais de Taboa, Junco e Ouricuri mesmo considerando comportamentos diferentes entre as fibras nas funções da contenção de erosão, mostraram-se eficiência dos geotêxteis na retenção dos sedimentos, no desenvolvimento da cobertura vegetal, além de proporcionar matéria orgânica ao solo. O tratamento sem geotêxtil, registrou em campo e através das análises de laboratório, as maiores perdas de solo evidenciando um maior processo erosivo.

Os geotêxteis de fibras naturais ao oferecerem proteção física contra o impacto das gotas de chuva, promovem a conservação do solo, propiciando melhores condições de infiltração, além de servir como barreira para o carreamento do solo através do escoamento superficial.

O geotêxtil de Taboa apresentou os melhores resultados nos testes de resistência à tração, mesmo após sua degradação natural em campo. Os geotêxteis de Junco e Ouricuri perdem rapidamente resistência após a exposição aos fatores climáticos.

Os geotêxteis de Ouricuri e Junco mostram-se mais eficientes na retenção dos sedimentos, embora mais facilmente degradados em campo.

O geotêxtil de Taboa apresentou alto volume de sedimentos carregados por escoamento superficial e os tratamentos sem geotêxteis foram os que mais perderam sedimentos.

No monitoramento com uso de estacas, observou-se que nos meses de maior precipitação ocorreram os maiores valores de erosão em todos os tratamentos, justificados pelo aumento do fluxo superficial que promove o transporte de sedimentos e consequentemente provocando a erosão do solo. Os sedimentos carregados em sua maioria eram arenosos, confirmando a pouca coesão do solo tornando-o mais susceptível a erosão.

O uso de fibras naturais a partir da confecção de geotêxteis e aplicação em taludes fluviais parece ser uma alternativa técnica para contenção de erosão.

Esta pesquisa apresenta à comunidade científica uma contribuição à medida que reflete sobre os processos erosivos na margem do rio, desenvolve, experimenta e disponibiliza informações de utilidade para a sociedade sobre uma técnica para a contenção da erosão em taludes fluviais.

REFERÊNCIAS

- AB' SABER, A. N. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSO/FAPESP, 2004.
- ALVARES, C. A.; STOPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G. LEANDRO, J.; SPAROVEK, G. **Köppens Climate Classification Map for Brasil**. Meteorologische Zeitschrift, n. 22, v.6, 711-728, 2013.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Excerto de Unidades Fisiografias**. 2014. Disponível em: <<http://metadados.ana.gov>>. Acesso em 20 jun. 2015.
- ANA/GEF/PNUMA/OEA, ANA – Agência Nacional de Águas; GEF – Fundo Mundial para o Meio Ambiente; PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; OEA – Organização dos Estados Americanos. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco para 2016 - 2025: Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional**. RP1A. Volume 2 – Caracterização da Bacia Hidrográfica – 2ª parte, Revi. Salvador, 2015.
- ARAÚJO FILHO, R. N. **Comportamento de talude da margem do Rio São Francisco submetido à técnica de bioengenharia de solos**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE, 2012.
- ARAÚJO FILHO, R. N.; HOLANDA, F. S. R.; ANDRADE, K. R.. **Implantação de técnicas de bioengenharia de solos no controle da erosão no baixo São Francisco, estado de Sergipe**. Scientia Plena. V. 9, N. 7, 2013.
- ARAUJO, Gustavo Henrique Sousa. ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. GUERRA, Antonio Jose Teixeira. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- ARAUJO, L. E.; SOUSA, F.A.S.; RIBEIRO, M.A.F.M.; SANTOS, A.S.; MEDEIROS, P.C. **Análise estatística de chuvas intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, p. 162-169, 2008.
- ARAUJO, Sérgio Silva de. NETTO, Antenor de Oliveira Aguiar. GOMES, Laura Jane. Conflitos socioambientais no Baixo São Francisco em Sergipe e Alagoas. In: NETTO, Antenor de Oliveira Aguiar. SANTANA, Neuma Rubia Figueiredo. (org) **Contexto socioambiental das águas do Rio Francisco**. São Cristóvão: Editora UFS, 2015.

BAGARELLO, V.; DI STEFANO, C.; FERRO, V.; KINNELL, P.I.A.; PAMPALONE, V.; PORTO, P. Predicting soil loss on moderate slopes using an empirical model for sediment Concentration. In: **Journal of Hydrology**. Accepted Manuscript, 2011.

BAK, Ł.; MICHALIK, A.; TEKIELAK, T. **The relationship between bank erosion, local aggradation and sediment transport in a small Carpathian stream**. *Geomorphology*, v. 191, p. 51–63, 2013.

BANDEIRA A.A.; HOLANDA, F. S. R.; CASADO, A. P. B.; ARAÚJO FILHO, R. N. **Influência do fluxo e refluxo do aquífero na evolução do processo erosivo na margem do rio São Francisco**. *Magistra*, Cruz das Almas-BA, v. 24, n. 2, p. 123-129, abr./jun. 2012.

BANDEIRA, A.A. **Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco e eficiência dos enrocamentos no controle da erosão**. (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, 2005.

BARBOSA, Anézia Maria Fonseca. **Dinâmica Ambiental e transformações da paisagem no serrado piauiense**. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2013.

BARBOSA, João Marcelo Costa; PINTO, Marcus Rodrigues; CASTRO, Marco Aurélio Holanda de. **Erosão e Assoreamento em Reservatórios**. XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Natal/RN, 2014. Disponível em:<
<http://www.abrh.org.br/xiisrh/anais/papers/PAP018506.pdf>>. Acesso em 22 dez. 2014.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. Ed. Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 1976.

BELTRAME, Angela da Veiga. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicações**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1994.

BERTALANFF, Ludwig Von. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1968.

BERTRAND, C.; BERTRAND, G. O geossistema: um espaço-tempo antropizado. Esboço de uma temporalidade ambiental. In: BERTRAND, George. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Messias Modesto dos Passos (tradução). Maringá: Ed. Massoni, 2009.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia global: esboço metodológico**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, Caderno de Ciências da Terra (13), 1971.

BERTRAND, G.; BERUTCHACHVILL, N. O geossistema ou “sistema territorial natural”. In: BERTRAND, George. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Messias Modesto dos Passos (tradução). Maringá: Ed. Massoni, 2009.

BERTRAND, George. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Messias Modesto dos Passos (tradução). Maringá: Ed. Massoni, 2009.

BEZERRA, José Fernando Rodrigues. **Avaliação de Geotêxteis no controle da erosão superficial a partir de uma estação experimental, Fazenda do Glória – MG**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia/MG, 2006.

BEZERRA, José Fernando Rodrigues, GUERRA, Antônio José Teixeira, RODRIGUES, Silvio Carlos. **Utilização da fotocomparação na reabilitação de áreas degradadas por erosão, a partir de uma estação experimental, Uberlândia – MG**. Revista de Geografia (UFPE) V. 28, No. 2, 2011

BEZERRA, José Fernando Rodrigues. **Geomorfologia e reabilitação de áreas degradadas por erosão com técnicas de bioengenharia de solos na Bacia do Rio Bacanga, São Luiz/MA**. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

BHATTACHARYYA, Ranjan. **Utilization of Palm-mat Geotextiles for Soil Conservation on Arable Loamy Sands in the United Kingdom**. (Thesis). University of Wolverhampton. 352 p, 2009.

BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. **Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica**. In: GUERRA, Antônio Jose Teixeira. SILVA, Antônio Soares. BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. (org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

BRANDÃO, J. L. B. **Obras de regularização do leito**. (Tese de Doutorado) Engenharia Civil - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CAMPBELL, S. D. G.; SHAW, R; WONG, J. C. F.. **Guidelines for soil bioengineering applications on natural terrain landslide scars**. Geo Report N° 227. Geotechnical Engineering Office Civil Engineering and Development Department the Government of the Hong Kong Special Administrative Region. 2008.

CANALI, Naldy Emerson. Geografia ambiental – desafios epistemológicos. In: MENDONÇA, Francisco. KOZEL, Salete. **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea**. (org). Curitiba: Ed. Da UFPR, 2009.

CASADO, A.P. B. , HOLANDA, F. S. R.; ARAÚJO FILHO F. A. G.; YAGUIU P. **Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco** (perímetro irrigado cotinguiba/pindoba - se). R. Bras. Ci. Solo, 26:231-239, 2002.

CASADO, A.P.B. **Estudo do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco** perímetro irrigado Cotinguiba/Pindoba - Baixo São Francisco Sergipano. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão/SE, 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. Volume I. O canal fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313p.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Mapeamento temático de uso da terra no Baixo São Francisco**. Brasília/DF, 2002.

CONCEIÇÃO, Tiago de Oliveira. **Cultura e natureza do artesanato da palha da taboa em Pacatuba/SE**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão/SE, 2012.

CORRÊA, Roberto Lobato. **Região e organização espacial**. 7ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2000.

COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A., T.; PAULA, C. C. de.; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, M. V.; ADVÍNCULA, T, G, de L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C.; MOTTA, P. H. **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. In: Boletim Técnico CBCN, Nº 001, Viçosa, 2010.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Geobank**. 2003. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br>>. Acesso em 17 mai 2015.

CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia fluvial. In: CUNHA, Sandra Baptista da. GUERRA, Antônio Jose Teixeira. (org.) **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

DA SILVA, D. F.; MALION, L. C. B. **Influência da variabilidade climática interanual na hidrologia da Bacia do Rio São Francisco**. (Trabalho de Conclusão de Curso) Bacharelado em Meteorologia. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió, 2003.

DE PLOEY, J. POESEN, J. **Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion**. In: RICHARDS, K.S. ARNETT, R.R. ELLIS, S. *Geomorphology and soils*. 1985.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Informação Tecnológica. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. – 2. ed. rev.. ampl. – Brasília, DF, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Rio de Janeiro: centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013.

FERREIRA, Robério Anastácio. et al. A vegetação do Baixo São Francisco como subsídio para recuperação de áreas degradadas. In: NETTO, Antenor de Oliveira Aguiar. SANTANA, Neuma Rubia Figueiredo. (org) **Contexto socioambiental das águas do Rio Francisco**. São Cristovão: Editora UFS, 2015.

FERNANDES, J. P. de A.; FREITAS, A. R. M. de. **Introdução á bioengenharia natural**. Volume II: EPAL, Portugal, 2011.

FERNANDEZ, O.V.Q. **Erosão marginal no lago da UHE Itaipu (PR)**. Rio Claro (SP): UNESP, 1995.

FERNANDEZ, O.V.Q. **Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico, PR**. Rio Claro, (Tese de Mestrado) Universidade Estadual de São Paulo, 1990.

FERNANDEZ, O.V.Q. **O método dos pinos na quantificação da erosão marginal em rios reservatórios**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 1., 1996, Uberlândia. Anais. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 1996. p.160-163.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a computer Statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, 35 (6): 1039-1042, 2011.

FONTES, L. C. da S. O Rio São Francisco após as grandes barragens – mudanças recentes no regime hidrosedimentológico e na dinâmica fluvial do baixo curso. In: **Águas do São Francisco**. LUCAS, A. A. T. E AGUIAR NETO, A. de O. (org.) Edef. São Cristovão, SE. 2011.

FONTES, L. C. S. CASADO, A. P. B.; SANTOS, C. M.; LATRUBESSE, E.M.; CUNHA, S.B. **Estudos do processo erosivo das margens do Baixo São Francisco e seus efeitos na dinâmica de sedimentação do rio**. Resumo Executivo do Relatório Final. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terras da Bacia do São Francisco FONTES, L. C. (Coord.). ANA/GEF/PNUMA/OEA. Sergipe, 2003.

FONTES, L.C.S. **Erosão marginal associada a impactos ambientais a jusante de grandes barragens: O caso do baixo curso do rio São Francisco.** (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2002.

FRANÇA, Vera Lucia Alves. CRUZ, Maria Tereza Souza. (coord.). **Atlas escolar Sergipe: espaço geo-histórico e cultural.** Joao Pessoa, PB: Editora Grafset, 2007.

FULLEN, M. A. GUERRA, A. J. T. The potencial of palm (*Borassus*) mat geotextiles as a soil conservation technique. In: **IV Simpósio Nacional de Geomorfologia.** São Luís, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** – 5. Ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, L. G. N.; HOLANDA, F. S. R.; ANJOS, I. R. dos; ROCHA, I. P. **Bioengenharia na estabilização de talude marginal e restauração ambiental da margem no baixo curso do Rio São Francisco.** In: Congresso de Ecologia do Brasil, 7, 2005, Caxambu. Anais... Caxambu: CEB, 2005. CD Rom.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. A invenção de novas geografias: a natureza e o homem em novos paradigmas. In: SANTOS, Milton; BECKER, Bertha K; *et al.* **Território, territórios ensaios sobre o ordenamento territorial.** Rio de Janeiro: Lamparina, 2007.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **Os (des) caminhos do meio ambiente.** 14^a ed., 1^a reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2008.

GONZAGA, Tatiana Pereira de. **Da arte ao ofício à produção do lugar: o Alagamar, Pirambu/SE.** (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe, 2009.

GOUDIE, A. **The encyclopaedic dictionary of physical geography.** Inglaterra: Oxford, 1985.

GRAY, D. H.; SOTIR, R. **Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization.** New York: John Wiley, 1996.

GUERRA, A.J.T. CUNHA, S.B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, A.J.T. CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

GUERRA, Antônio Jose Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da. Degradação ambiental. In: GUERRA, Antônio Jose Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da. (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1966.

GUERRA, Antônio Jose Teixeira. MARÇAL, Monica dos Santos. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUERRA, Antônio Jose Teixeira. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, Antônio Jose Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da. (org.) **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

GUERRA, Antonio Teixeira. GUERRA, Antonio Jose Teixeira. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HAESBAERT, Rogério. **Dos múltiplos territórios à multiterritorialidade**. Porto Alegre: 2004. Disponível em: < <http://w3.msh.univ-lse2.fr/cdp/documents/CONFERENCE%20Rogerio%20HAESBAERT.pdf> >. Acesso em 01 de out.2011.

HAESBAERT, Rogério. **O mito da desterritorialização**: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade. – 4ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

HENSHAW, A. J.; THORNE, C. R.; CLIFFORD, N. J. Identifying causes and controls of river bank erosion in a British upland catchment. **Catena**, v. 100, p. 107–119, 2012.

HIDROWEB – **Séries Históricas**. Disponível em:<www.hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em 20 ago 2015.

HOLANDA, F. S. R. BANDEIRA, A. A.; ROCHA, I. P.; ARAÚJO FILHO, R. N.; RIBEIRO, L. F.; ANNES, M. A. **Controle da erosão em margens de cursos d’água**: das soluções empíricas à técnicas de Bioengenharia de solos. R. RAÍGA, Curitiba, n. 17, p. 93-101. Editora UFPR, 2009.

HOLANDA, F. S. R. **Estudos integrado do vale do São Francisco Sergipano: região de tabuleiros costeiros e pediplano sertanejo - pedologia**. Aracaju: Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) Núcleo de Estudos do Semi-Árido, Aracaju, 2000.

HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P. OLIVEIRA, V. S. **Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.12, n.6, p.570–575, 2008.

HOLANDA, F. S. R.; SANTOS, C. M. dos; CASADO, A. P. B.; BANDEIRA, A. A.; OLIVEIRA, V. S. de.; FONTES, L. C. S.; ROCRA, I. P. ARAÚJO FILHO R. N.; GÓIS, S.S.; VIEIRA, T. R. S. **Análise Multitemporal e Caracterização dos Processos Erosivos no Baixo São Francisco Sergipano**. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 8, nº 2, 2007.

HOLANDA, F. S. R.; SANTOS, L. G. da C.; SANTOS, C. M.; CASADO, A. P. B.; PEDROTTI, A. and RIBEIRO, G. T. **Riparian vegetation affected by bank erosion in the Lower São Francisco River**, Northeastern Brazil. Revista árvore. v. 30, n. 2, 2005.

HOLANDA, F.S.R; RESENDE, A.M.; CASADO, A.P.B.; FONTES, L.C.S.; SANTOS, R. C. **Impacto ambiental promovido pela erosão na margem direita do baixo são Francisco, no Estado de Sergipe**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (go), 03 a 06 de maio de 2001.

HOOKE, J. M. **An analysis of the processes of river bank erosion**. Journal of Hydrology, v. 42, n. 1-2, p. 39–62, 1979.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite**. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/index.htm>>. Acesso em 10 mar. 2014.

INDE – **Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais**. Portal do INDE. Disponível em:<<http://visualizador.inde.gov.br>>. Acesso em 11 abr. 2014.

INMET - **Instituto Nacional De Meteorologia**. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 30 Ago. 2015.

KÖPPEN W. **Das Geographische System der Klimer**. In: KÖPPEN, W, Geiger R (Ed) Handbuch der Klimato-logie. Gebrüder Borntraeger, Berlin, p1-44, 1936.

LAWLER, D. M. The measurement of river bank erosion and lateral channel change: A review. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 18, n. 9, p. 777–821, 1993.

LEFF, Enrique. **Epistemologia ambiental**. Tradução de Sandra Valenzuela. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LEFF, Henrique. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LORENZI, H. NOBLIK, L. KAHN, F. FERREIRA, E. **Flora Brasileira: Arecaceae** (Palmeiras). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010.

MAFRA, Neusa Maria Costa. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: GUERRA, Antônio Jose Teixeira. SILVA, Antônio Soares. BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. (org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

MARTINS, D. de M. F.; CHAGAS, R. M.; MELO NETO, J. de O.; MÉLIO JUNIOR, A. V. **Impactos da construção da usina hidrelétrica de sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V. 15, n.9, p. 1054-1061, 2011.

MATALLO JUNIOR, H. **A Desertificação no Mundo e no Brasil**. In: Shenkel, C.S. e MATALLO JUNIOR, H. (Org). Desertificação. Brasília: Unesco, 2003.

MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B. A.; SANTOS JUNIOR, R. C. dos.; SOUZA, W. F. L. de. **Aporte fluvial e dispersão de matéria particulada em suspensão e sua dispersão na zona costeira do rio São Francisco (SE/AL)**. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. 2003.

MEDEIROS, P.R.P.; KNOPPERS, B.; SOUZA, W. F. L.; OLIVEIRA, E. N. **Aporte de material em suspensão no Baixo Rio São Francisco (SE/AL) em diferentes condições hidrológicas**. Brazilian Jornal Aquatic Science and Technology, v. 15, n. 1, p. 42-53, 2011.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia socioambiental**. In: MENDONÇA, Francisco. KOZEL, Salete. Elementos de epistemologia da geografia contemporânea. (org). Curitiba: Ed. Da UFPR, 2009.

MENDONÇA, Jane Karina. **Uso sustentável de espécies de palmeiras da APA da baixada maranhense para controle e recuperação de áreas degradadas por erosão**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Maranhão, 2006.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica – São Francisco**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2006.

MONTEIRO, J. S. **Influência do ângulo de plantio na propagação vegetativa de espécies utilizadas em engenharia natural**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Santa Maria/RS, 2009.

MORAES, Robert. **Geografia crítica a valoração de espaço**. 2ª ed. São Paulo. Editora Hucitec: 1987.

MORGAN, R.P.C. **Soil degradation and erosion as a result of agricultural practice**. In: RICHARDS, K.S. ARNETT, R.R. ELLIS, S. Geomorphology and soils. Londres: George Allen and Unwin, 1984.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. Inglaterra: Longman group, 1986.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion in the United Kingdom**: fields studies in the Silsoe area, 1973-1975. Nat. Coll. Agric. Engng. Silsoe Occasional paper, 1977.

OLIVEIRA, A.M. (Coord.). **Estudo hidrodinâmico sedimentológico do Baixo São Francisco, estuário e zona costeira adjacente (AL/SE)**. Relatório Final. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco - GEF São Francisco. Maceió: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil**. 2.ed. Jaboticabal, Fundação Nacional de Pesquisa, 1992.

PENTEADO, Margarida Maria. **Fundamentos de geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

POESEN, J. **Rainwash experiments on the erodibility of loose sediments**. Earth Surface Processes and Landforms, 1981.

PORTO, A. C. **Tudo sobre Plantas**. Disponível em www.tudosobreplantas.com.br. Acesso em 11 de nov. 2014.

REIGOTA, M. **A floresta e a escola**: por uma Educação Ambiental pós-moderna. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2002.

ROCHA, Igor. Pinheiro. **Erosão em talude da margem do Baixo São Francisco e contribuição de raízes na resistência ao cisalhamento do solo**. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife/PE, 2014.

RODRIGUES, Auro José. **Camponeses**: do trançado ao mercado. (Dissertação de Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Sergipe, 1996.

ROESSING, Maíra; PETRY, Cláudia. **A água e o junco nos jardins aquáticos antigos e contemporâneos**. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental. V. 15, n.1, 2009. 63-70. Disponível em:< file:///C:/Users/CATIA/Downloads/436-1094-1-PB.pdf>. Acesso em 20 mai. 2013.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia aplicada aos EIAs – RIMAS**. In: GUERRA, Antônio Jose Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da. (org.). Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1966.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. MOROZ, Isabel Cristina. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: CUNHA, Sandra Baptista da. GUERRA, Antônio Jose Teixeira. (org.) **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

RUFINO, M. U. de L. COSTA, J. T. de M. SILVA, V. A. da. ANDRADE, L. de H. C. **Conhecimento e uso do ouricuri (Syagrus coronata) e do babaçu (Orbignya phalerata) em Buíque, PE, Brasil**. Acta bot. bras. 22(4): 1141-1149. 2008. Disponível:< <http://www.scielo.br/pdf/abb/v22n4/a25v22n4.pdf>>. Acesso em 10 de out. 2014.

SALOMÃO: Fernando Ximenes de Tavares. Controle e Prevenção de Processos Erosivos. In: GUERRA, Antônio Jose Teixeira. SILVA, Antônio Soares. BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. (org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

SANTANA, Neuna Rubia Figueiredo. ARAUJO, Sérgio Silva de. VASCO, Anderson Nascimento. Diversos olhares sobre a foz do Rio São Francisco. In: NETTO, Antenor de Oliveira Aguiar. SANTANA, Neuma Rubia Figueiredo. (org) **Contexto socioambiental das águas do Rio Francisco**. São Cristóvão: Editora UFS, 2015.

SANTOS, C. M. **A erosão no Baixo São Francisco sergipano e os mecanismos de desestabilização dos taludes na margem do rio**. (Dissertação de Mestrado) Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2002.

SANTOS, Maria Hosana dos. **Dinâmica hidrosedimentológicas e recomposição florística no talude da margem direita do Rio São Francisco**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2016.

SANTOS, Milton. **O papel ativo: um manifesto**. Revista Território, v, n.9, p. 103-109 jul/dez. Rio de janeiro, 2000. Disponível em:< http://www.revistaterritorio.com.br/pdf/09_7_santos.pdf> Acesso em: 11 out. 2013.

SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. 19ª ed. Rio de Janeiro: Editora Record: 2010.

SANTOS, R.A. dos; MARTINS, A.A.; NEVES, J.P.; LEAL, R.A. (Orgs.). **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe**. Brasília: CPRM - CODISE, 1998.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. – 23. Ed. Ver. E atual. – São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, F. C. **Métodos de semeadura e uso de mantas no controle de erosão em taludes de corte**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V de. **Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windowa**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v4,n.1, p 71-78, 2002.

SILVEIRA, T. C. L.; SOUZA, G. C.; RODRIGUES, G. **Nota Técnica**. Revista Brasileira de Biociência, porto Alegre, v.5, supe. 1, p. 678-680, julho, 2007.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistemas**. Métodos em questão, (16): 1-52-IG – USP, 1977.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Geografia física (?) geografia ambiental (?) ou geografia e ambiente (?). In: MENDONÇA, Francisco. KOZEL, Salette. **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea**. (org). Curitiba: Ed. Da UFPR, 2009.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blucher. Ed. a Universidade de São Paulo, 1973.

SUTILI, F. J.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. **Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos de água**. Ciência Florestal, v.14, n.1, p.13-20, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. FIBGE, Diretoria Técnica, 1977. 91p. UNB, Brasília, 1978.

VEYRET, Y. **Géo-environnement**. Paris: Sedes, 1999.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa – MG: Imprensa Universitária, 1991.

VITTE, Antonio Carlos. Teorias do método científico e geografia. Um ensaio a partir da noção de paradigma de Thomas Kuhn. In: MENDONÇA, Francisco de Assis. LOWENSAHR, Cicilian Luzia. SILVA, Marcia da. **Espaço e tempo**: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico. Curitiba: associação de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento de Antonina (ADEMADAN) 2009.

WOLMAN, M.G. **Factors influencing erosion of s cohesive river bank**. American Journal Science, v. 257, p. 204-216, 1959.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Roteiro de Entrevista



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Programa de Pós-Graduação em Geografia

Laboratório de Erosão e Sedimentação

Grupo de Pesquisa em Gestão Hidroambiental do Baixo São Francisco



DINÂMICA DOS PROCESSOS EROSIVOS EM TALUDES DO BAIXO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO: DESAFIOS PARA SEU CONTROLE COM USO DE GEOTÊXTEIS

Roteiro de Entrevista

Aplicado ao Presidente da Associação de Apicultores e Artesãos dos Povoados Tigre e Junça
no Município de Pacatuba/SE

Responsável pelas informações:

Local:

Data:

Qual a planta mais comum?

() Taboa

() Junco

() Ouricuri

1) As plantas nascem no mato mesmo ou são plantadas?

2) Vocês esperam que as plantas rebrotem para o corte?

3) Quando tira a planta nasce outra?

4) Tem planta suficiente para o gasto com o artesanato?

5) O que é feito para não faltar as fibras?

6) Onde é retirada a planta é área própria ou de terceiros?

7) Se a área do corte for de terceiro, tem autorização para cortar?

8) Há um pagamento pela retirada das espécies?

9) Qual o tratamento dado à palha?

10) Qual a distância da residência às áreas de corte da palha?

- 11) Como é feito o corte?
- 12) Quanto de palha é cortada?
- 13) Qual o tempo necessário para fazer o corte?
- 14) Qual o meio de transporte para levar a palha até o local de trabalho?
- 15) Como é feita a secagem?
- 16) Usa algum produto?
- 17) Qual o tempo necessário para secagem?
- 18) Na sua opinião, o corte das espécies traz danos à natureza?
- 19) Já fez algum curso, oficina, palestra de educação ambiental sobre a extração da palha?
- 20) Há alguma área que não foi possível fazer o corte da palha? Por que?
- 21) Acredita que existe alguma possibilidade de acabar com a atividade de extração das espécies na região?
- 22) Já utilizaram as espécies para outros fins que não seja o artesanato?

Entrevistador_____

APÊNDICE B – Termo de Consentimento

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Erosão e Sedimentação
Grupo de Pesquisa em Gestão Hidroambiental do Baixo São Francisco

**Termo de Consentimento da coleta dos dados**

Eu _____

Abaixo assinado, declaro ter conhecimento dos objetivos da pesquisa intitulada **DINÂMICA DOS PROCESSOS EROSIVOS EM TALUDES DO BAIXO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO: DESAFIOS PARA SEU CONTROLE COM USO DE GEOTÊXTEIS**, realizada pela Doutoranda Cátia dos Santos Fontes do curso de Doutorado em Geografia da Universidade Federal de Sergipe/UFS, orientada pelo Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues Holanda.

Concordo em participar da coleta de dados e com a divulgação dos resultados dessa pesquisa em reuniões científicas, sendo garantido sigilo quanto minha participação e ou identificação das respostas.

Estou ciente de que posso abandonar minha participação na coleta de dados no momento em que assim desejar.

Responsável pelas informações

Data: ____/____/____

APÊNDICE C – Questionário de Pesquisa



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Erosão e Sedimentação
Grupo de Pesquisa em Gestão Hidroambiental do Baixo São Francisco



Questionário aplicado a 30 artesãs da Associação de Apicultores e Artesãos dos povoados Tigre e Junça no Município de Pacatuba/SE

Nome _____
Idade _____ Sexo: Masculino () - Feminino ()
Povoado _____
Data: ____/____/____

1- Qual a planta mais usada na fabricação de artesanatos?

- () Taboa
() Junco
() Ouricuri
() Outro _____

2- Tem planta suficiente para o gasto com o artesanato?

- () Sim
() Não

3- A área onde é retirada a planta?

- () Área Própria
() Parentes ou amigos

4- O que vocês fazem para nunca faltar planta?

- () Cuida na hora do corte
() Espera o tempo certo do rebrote
() Rotação das áreas
() Outros _____

5- Em áreas de terceiros, vocês tem autorização para tirar a planta?

- () Sim
() Não

6- Vocês pagam pelo que tiram?

- () Sim
() Não

7- Como é feito o corte?

8- Como é feito o tratamento da palha após o corte?

9- Qual a distância média das áreas de coleta da palha?

- () 100 m a 500 m
() 500 m a 1Km
() Mais de 1Km
() Em outro povoado

10- Quanto de palha vocês tiram?

11- Como medem o tanto que tiram?

12- Quantas horas gostam por dia para o corte da palha?

- ☐ 1 a 2 horas
- ☐ 3 a 5 horas
- ☐ 6 a 8 horas
- ☐ 9 a 10 horas
- ☐ Mais de 10 horas

13- Quais os dias da semana?

- ☐ Segunda-feira
- ☐ Terça-feira
- ☐ Quarta-feira
- ☐ Quinta-feira
- ☐ Sexta-feira
- ☐ Sábado
- ☐ Domingo

14- Em que período realiza o corte?

- ☐ Manhã
- ☐ Tarde
- ☐ Noite

15- Como é feito o transporte da palha até o local de secagem?

- ☐ Nas mãos
 - ☐ De Carroça
 - ☐ Com automóvel
 - ☐ Outros_____
-

16- Onde é feita a secagem?

- ☐ Em casa
 - ☐ Em galpão
 - ☐ Outro_____
-

17- Quanto tempo gasta para secar a palha?

- ☐ 1 a 2 dias ☐ Fibras ☐ Taboas
- ☐ 3 a 5 dias ☐ Fibras ☐ Taboas
- ☐ Uma semana ☐ Fibras ☐ Taboas
- ☐ Mais de uma semana ☐ Fibras ☐ Taboas

18- Quanto tempo vocês esperam para o rebrote da planta?

- ☐ 6 Meses
- ☐ 10 Meses
- ☐ 12 Meses
- ☐ Mais de um ano

19- Existe alguma área que vocês deixaram de tirar a taboa ou junco?

- ☐ Sim – Por quê_____
 - ☐ Não
-

20- Arrancar a palha atrapalha a natureza?

- ☐ Sim – Por quê_____
 - ☐ Não
-

21- Já fez algum curso, oficina ou palestra, de educação ambiental?

- ☐ Sim
- ☐ Não

22- Já fez curso a extração da palha?

() Sim

() Não

23- Você acha que existe alguma possibilidade de acabar a atividade de extração da taboa na região?

() Sim – Por quê_____

() Não

24- Já utilizaram a taboa ou junco para outra coisa que não fosse o artesanato?

() Sim – Qual_____

() Não

25- Há quanto tempo trabalha com artesanato?

() 2 a 5 anos

() 6 a 10 anos

() 11 a 15 anos

() 16 a 20 anos

() Mais de 20 anos

26- Desenvolve outra atividade além do artesanato?

() Agricultura

() Comercio

() Apicultura

() Pesca

() Outros_____

Entrevistador:_____

APÊNDICE D– Dados da análise textural referente ao Tratamento GT (Geotêxtil de Taboa) no experimento de campo

Núm.	Amostra	Areia Total %	Argila %	Silte %	Classe Textural
25	P1-GT01 0-20	59,65	22,38	17,97	Franco-argilo-arenosa
26	P1-GT01 20-40	66,79	17,11	16,10	Franco-arenosa
27	P1-GT01 40-60	64,53	19,02	16,45	Franco-arenosa
28	P2-GT01 0-20	68,02	19,62	12,37	Franco-arenosa
29	P2-GT01 20-40	63,46	22,04	14,50	Franco-argilo-arenosa
30	P2-GT01 40-60	53,72	24,51	21,78	Franco-argilo-arenosa
31	P3-GT01 0-20	59,05	27,87	13,08	Franco-argilo-arenosa
32	P3-GT01 20-40	60,99	22,70	16,30	Franco-argilo-arenosa
33	P3-GT01 40-60	60,74	24,48	14,78	Franco-argilo-arenosa
34	P4-GT01 0-20	56,62	25,02	18,36	Franco-argilo-arenosa
35	P4-GT01 20-40	59,72	34,05	6,24	Franco-argilo-arenosa
36	P4-GT01 40-60	59,00	24,69	16,31	Franco-argilo-arenosa
61	P1-GT02 0-20	64,93	20,35	14,72	Franco-argilo-arenosa
62	P1-GT02 20-40	55,29	24,39	20,32	Franco-argilo-arenosa
63	P1-GT02 40-60	64,18	21,75	14,07	Franco-argilo-arenosa
64	P2-GT02 0-20	66,46	29,95	3,59	Franco-argilo-arenosa
65	P2-GT02 20-40	58,70	21,49	19,81	Franco-argilo-arenosa
66	P2-GT02 40-60	65,57	23,36	11,07	Franco-argilo-arenosa
67	P3-GT02 0-20	65,06	20,17	14,77	Franco-argilo-arenosa
68	P3-GT02 20-40	63,59	27,37	9,04	Franco-argilol-arenosa
69	P3-GT02 40-60	60,70	19,72	19,58	Franco-arenosa
70	P4-GT02 0-20	73,38	14,51	12,11	Franco-arenosa
71	P4-GT02 20-40	66,43	29,92	3,65	Franco-argilo-arenosa

Núm.	Amostra	Areia Total %	Argila %	Silte %	Classe Textural
72	P4-GT02 40-60	62,27	23,29	14,45	Franco-argilo-arenosa
133	P1-GT03 0-20	80,65	9,92	9,42	Areia franca
134	P1-GT03 20-40	77,63	9,57	12,79	Franco-arenosa
135	P1-GT03 40-60	78,48	13,88	7,65	Franco-arenosa
136	P2-GT03 0-20	69,69	19,06	11,25	Franco-arenosa
137	P2-GT03 20-40	71,31	20,71	7,97	Franco-argilo-arenosa
138	P2-GT03 40-60	61,40	38,03	0,57	Franco-argilo-arenosa
139	P3-GT03 0-20	74,56	11,54	13,90	Franco-arenosa
140	P3-GT03 20-40	74,66	12,87	12,47	Franco-arenosa
141	P3-GT03 40-60	63,46	20,63	15,91	Franco-argilo-arenosa
142	P4-GT03 0-20	70,55	25,89	3,56	Franco-argilo-arenosa
143	P4-GT03 20-40	61,11	31,02	7,87	Franco-argilo-arenosa
144	P4-GT03 40-60	67,54	17,49	14,97	Franco arenosa

Fonte: Estudos de Campo e Laboratório

APÊNDICE E – Dados da análise textural referente ao Tratamento GJ (Geotêxtil de Junco) no experimento de campo

Núm.	Amostra	Areia Total %	Argila %	Silte %	Classe Textural
1	P1-GJ01 0-20	56,01	25,76	18,23	Franco-argilo-Arenosa
2	P1-GJ01 20-40	62,52	20,09	17,38	Franco-argilo-Arenosa
3	P1-GJ01 40-60	62,91	31,79	5,29	Franco-argilo-Arenosa
4	P2-GJ01 0-20	61,25	22,45	16,30	Franco-argilo-Arenosa
5	P2-GJ01 20-40	63,12	22,04	14,84	Franco-argilo-Arenosa
6	P2-GJ01 40-60	60,78	21,59	17,63	Franco-argilo-Arenosa
7	P3-GJ01 0-20	60,15	20,53	19,32	Franco-argilo-arenosa
8	P3-GJ01 20-40	59,30	39,90	0,80	Argilo-arenosa
9	P3-GJ01 40-60	58,70	23,54	17,77	Franco-argilo-arenosa
10	P4-GJ01 0-20	61,18	23,83	14,99	Franco-argilo-arenosa
11	P4-GJ01 20-40	55,13	23,33	21,54	Franco-argilo-arenosa
12	P4-GJ01 40-60	63,77	20,15	16,08	Franco-argilo-arenosa
73	P1-GJ02 0-20	68,59	21,68	9,73	Franco-argilo-arenosa
74	P1-GJ02 20-40	60,38	24,73	14,89	Franco-argilo-arenosa
75	P1-GJ02 40-60	71,47	12,34	16,18	Franco-arenosa
76	P2-GJ02 0-20	65,10	27,99	6,91	Franco-argilo-arenosa
77	P2-GJ02 20-40	57,04	25,45	17,51	Franco-argilo-arenosa
78	P2-GJ02 40-60	59,67	23,44	16,89	Franco-argilo-arenosa
79	P3-JO2 0-20	63,07	24,10	12,84	Franco-argilo-arenosa
80	P3-GJ02 20-40	59,11	33,60	7,29	Franco-argilo-arenosa
81	P3-GJ02 40-60	58,88	30,08	11,04	Franco-argilo-arenosa
82	P4-GJ02 0-20	59,94	21,32	18,74	Franco-argilo-arenosa
83	P4-GJ02 20-40	62,69	24,53	12,78	Franco-argilo-arenosa

Núm.	Amostra	Areia Total %	Argila %	Silte %	Classe Textural
84	P4-GJ02 40-60	59,03	24,52	16,45	Franco-argilo-arenosa
121	P1-GJ03 0-20	69,03	11,79	19,17	Franco-arenosa
122	P1-GJ03 20-40	82,23	14,07	3,70	Franco-arenosa
123	P1-GJ03 40-60	75,02	6,12	18,85	Franco-arenosa
124	P2-GJ03 0-20	75,23	17,61	7,15	Franco-arenosa
125	P2-GJ03 20-40	73,00	13,27	13,73	Franco-arenosa
126	P2-GJ03 40-60	69,19	23,67	7,14	Franco-argilo-arenosa
127	P3-GJ03 0-20	72,94	19,41	7,66	Franco-arenosa
128	P3-GJ03 20-40	74,67	17,85	7,48	Franco-arenosa
129	P3-GJ03 40-60	79,11	13,67	7,23	Franco-arenosa
130	P4-GJ03 0-20	72,96	14,70	12,34	Franco-arenosa
131	P4-GJ03 20-40	69,41	30,08	0,52	Franco-argilo-arenosa
132	P4-GJ03 40-60	67,96	24,91	7,13	Franco-argilo-arenosa

Fonte: Estudos de Campo e Laboratóri

APÊNDICE F – Dados da análise textural referente ao Tratamento GO (Geotêxtil de Ouricuri)
no experimento de campo

Núm.	Amostra	Areia Total %	Argila %	Silte %	Classe Textural
13	P1-GO01 0-20	62,74	23,29	13,96	Franco-argilo-arenosa
14	P1-GO01 20-40	68,07	19,57	12,36	Franco-arenosa
15	P1-GO01 40-60	62,47	21,81	15,72	Franco-argilo-arenosa
16	P2-GO01 0-20	66,04	19,94	14,02	Franco-arenosa
17	P2-GO01 20-40	61,51	33,17	5,31	Franco-argilo-arenosa
18	P2-GO01 40-60	67,44	20,14	12,42	Franco-argilo-arenosa
19	P3-GO01 0-20	62,64	21,52	15,84	Franco-argilo-arenosa
20	P3-GO01 20-40	62,58	21,70	15,72	Franco-argilo-arenosa
21	P3-GO01 40-60	60,72	23,42	15,86	Franco-argilo-arenosa
22	P4-GO01 0-20	58,89	23,28	17,83	Franco-argilo-arenosa
23	P4-GO01 20-40	62,20	21,82	15,98	Franco-argilo-arenosa
24	P4-GO01 40-60	64,03	20,07	15,89	Franco-argilo-arenosa
49	P1-GO02 0-20	69,58	21,55	8,87	Franco-argilo-arenosa
50	P1-GO02 20-40	74,36	20,29	5,35	Franco-argilo-arenosa
51	P1-GO02 40-60	67,62	27,00	5,39	Franco-argilo-arenosa
52	P2-GO02 0-20	55,91	25,68	18,41	Franco-argilo-arenosa
53	P2-GO02 20-40	59,93	32,92	7,16	Franco-argilo-arenosa
54	P2-GO02 40-60	72,57	21,71	5,72	Franco-argilo-arenosa
55	P3-GO02 0-20	57,14	24,39	18,47	Franco-argilo-arenosa
56	P3-GO02 20-40	62,02	27,37	10,61	Franco-argilo-arenosa
57	P3-GO02 40-60	66,07	30,04	3,89	Franco-argilo-arenosa
58	P4-GO02 0-20	58,57	34,25	7,18	Franco-argilo-arenosa

Núm.	Amostra	Areia Total %	Argila %	Silte %	Classe Textural
59	P4-GO02 20-40	57,70	27,55	14,75	Franco-argilo-arenosa
60	P4-GO02 40-60	60,70	30,56	8,73	Franco-argilo-arenosa
109	P1-GO03 0-20	72,16	15,19	12,65	Franco-arenosa
110	P1-GO03 20-40	73,95	5,04	21,01	Franco-arenosa
111	P1-GO03 40-60	76,36	13,42	10,21	Franco-arenosa
112	P2-GO03 0-20	75,90	22,14	1,96	Franco-argilo-arenosa
113	P2-GO03 20-40	67,84	22,85	9,31	Franco-argilo-arenosa
114	P2-GO03 40-60	69,54	14,01	16,45	Franco-arenosa
115	P3-GO03 0-20	66,69	20,39	12,92	Franco-argilo-arenosa
116	P3-GO03 20-40	75,58	13,67	10,76	Franco-arenosa
117	P3-GO03 40-60	63,09	21,30	15,61	Franco-argilo-arenosa
118	P4-GO03 0-20	75,51	21,85	2,63	Franco-argilo-arenosa
119	P4-GO03 20-40	71,95	15,29	12,76	Franco arenosa
120	P4-GO03 40-60	70,60	16,91	12,49	Franco arenosa

Fonte: Estudos de Campo e Laboratório

APÊNDICE G – Dados da análise textural referente ao Tratamento SN (Solo sem Geotêxteis)
no experimento de campo

Núm.	Amostra	Areia Total %	Argila %	Silte %	Classe Textural
37	P1-SN01 0-20	58,76	23,57	17,68	Franco-argilo-arenosa
38	P1-SN01 20-40	68,26	21,75	9,99	Franco-argilo-arenosa
39	P1-SN01 40-60	65,32	20,38	14,30	Franco-argilo-arenoso
40	P2-SN01 0-20	57,11	23,31	19,58	Franco-argilo-arenosa
41	P2-SN01 20-40	62,12	20,60	17,28	Franco-argilo-arenosa
42	P2-SN01 40-60	65,95	20,08	13,97	Franco-argilo-arenosa
43	P3-SN01 0-20	57,30	25,05	17,65	Franco-argilo-arenosa
44	P3-SN01 20-40	77,00	13,58	9,42	Franco-arenosa
45	P3-SN01 40-60	59,01	23,57	17,41	Franco-argilo-arenosa
46	P4-SN01 0-20	60,43	24,34	15,23	Franco-argilo-arenosa
47	P4-SN01 20-40	65,89	20,64	13,47	Franco-argilo-arenosa
48	P4-SN01 40-60	72,66	20,24	7,10	Franco-argilo-arenosa
85	P1-SN02 0-20	67,28	27,29	5,42	Franco-argilo-arenosa
86	P1-SN2 20-40	65,74	22,73	11,53	Franco-argilo-arenosa
87	P1-SN02 40-60	65,66	22,56	11,77	Franco-argilo-arenosa
88	P2-SN02 0-20	61,35	27,68	10,97	Franco-argilo-arenosa
89	P2-SN02 20-40	56,23	25,70	18,07	Franco-argilo-arenosa
90	P2-SN02 40-60	64,08	20,83	15,09	Franco-argilo-arenosa
91	P3-SN02 0-20	56,69	34,34	8,97	Franco-argilo-arenosa
92	P3-SN02 20-40	62,17	23,83	13,99	Franco-argilo-arenosa
93	P3-SN02 40-60	59,95	31,30	8,75	Franco-argilo-arenosa
94	P4-SN02 0-20	77,23	17,21	5,56	Franco-arenosa
95	P4-SN02 20-40	69,66	26,56	3,78	Franco-argilo-arenosa

Núm.	Amostra	Areia Total %	Argila %	Silte %	Classe Textural
96	P4-SN02 40-60	61,13	28,23	10,64	Franco-argilo-arenosa
97	P1-SN03 0-20	68,81	20,06	11,13	Franco-argilo-arenosa
98	P1-SN03 20-40	55,82	27,41	16,77	Franco-argilo-arenosa
99	P1-SN03 40-60	73,69	14,49	11,82	Franco-arenosa
100	P2-SN03 0-20	59,65	22,02	18,33	Franco-argilo-arenosa
101	P2-SN03 20-40	60,36	21,73	17,91	Franco-argilo-arenosa
102	P2-SN03 40-60	65,33	20,31	14,36	Franco-argilo-arenosa
103	P3-SN03 0-20	68,40	20,73	10,87	Franco-argilo-arenosa
104	P3-SN03 20-40	74,72	18,28	7,00	Franco-arenosa
105	P3-SN03 40-60	70,55	18,56	10,89	Franco-arenosa
106	P4-SN03 0-20	62,57	19,69	17,74	Franco arenosa
107	P4-SN03 20-40	71,15	25,33	3,52	Franco-argilo-arenosa
108	P4-SN03 40-60	72,35	13,58	14,08	Franco-arenosa

Fonte: Estudos de Campo e Laboratório

APÊNDICE H- Dados da análise de teor de Matéria Orgânica

Vb	f	V
40,5	0,987654	10

Amostra	Va	Carbono	Carbono	M.O.
		(g/Kg)	(%)	(%)
GO1.1	19,4	12,50	1,25	2,16
GO2.2	20,3	11,97	1,20	2,06
GO3.3	18,5	13,04	1,30	2,25
GO4.4	20,8	11,67	1,17	2,01
GO5.5	20,4	11,91	1,19	2,05

Vb	f	V
40,4	0,990099	10

Amostra	Va	Carbono	Carbono	M.O.
		(g/Kg)	(%)	(%)
GJ1.1	21,1	11,47	1,15	1,98
GJ2.2	21,2	11,41	1,14	1,97
GJ3.3	21,5	11,23	1,12	1,94
GJ4.4	18,4	13,07	1,31	2,25
GJ5.5	20,7	11,70	1,17	2,02

Vb	f	V
40,0	1	10

Amostra	Va	Carbono	Carbono	M.O.
		(g/Kg)	(%)	(%)
GT1.1	26,6	8,04	0,80	1,39
GT2.2	25,8	8,52	0,85	1,47
GT3.3	26,9	7,86	0,79	1,36
GT4.4	26,0	8,40	0,84	1,45
GT5.5	26,8	7,92	0,79	1,37

Vb	f	V
40,6	0,985222	10

Amostra	Va	Carbono	Carbono	M.O.
		(g/Kg)	(%)	(%)
SN1.1	23,4	10,17	1,02	1,75
SN2.2	25,3	9,04	0,90	1,56
SN3.3	26,8	8,16	0,82	1,41
SN4.4	25,6	8,87	0,89	1,53
SN5.5	24,4	9,58	0,96	1,65

APÊNDICE I – Dados de coletas de sedimentos em campo

Dados de Sedimentos

AMPARO DO SÃO FRANCISCO/

	BLOCO 03				BLOCO 02				BLOCO 01				
Coleta	GT-3	GJ-3	GO-3	SN-3	SN-2	GJ-2	GT-2	GO-2	SN-1	GT-1	GO-1	GJ-1	Sed (g)
1ª 18/06	0	4.982	0	0	1.54	2.013	4.752	0	0	15.639	1.458	0	28844
2ª 18/07	8.722	4.263	1.883	4.886	3.232	3.14	7.268	3.796	69.005	47.653	2.045	7.717	160.470
3ª 30/07	24.344	23.787	0	0	0.759	2.011	0	0	2.93	2.933	2.021	0	55.096
4ª 06/08	8.669	20.291	7.293	6.492	1.717	0	0	1.657	32.264	23	4.044	1.857	84.307
5ª 08/08	9.881	4.393	0	2.606	0	0	5.841	1.805	31.883	6.436	1.031	2.434	66.310
6ª 20/08	13.43	3.33	0	0	0	0.234	1.117	2.927	1.474	0.565	1.413	0	6.931
7ª 05/09	33.055	14.803	0	0	15.798	0.412	13.829	8.451	119.84	18.985	4.634	10.7	109.555
8ª 12/09	15.306	1.844	0	0	0.595	9.962	0.31	0.19	16.7	2.286	0.416	1.153	30.551
9ª 24/09	16.806	0	21.052	8.297	4.664	7.852	0	1.772	49.522	5.319	3.631	2.414	121.329
10ª 08/10	61.867	2.383	2.165	4.262	3.762	3.39	0	2.304	12.745	8.749	2.525	3.187	103.949
11ª 17/10	28.584	14.456	1.524	55.034	20.054	6.113	6.016	14.585	317.569	85.149	6.01	10.166	559.250
Mês/11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mes/12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sed/Parc.	207.234	91.202	33917	81.577	49227	27.951	38.823	37.297	514.462	193.172	22.802	28.928	1.326.592

APÊNDICE J – Dados das leituras dos Pinos no Talude e Precipitação Mensal Acumulada

Precipitação mm		17,6 mm	33,7 mm	6,8 mm	37 mm	152 mm	154,6 mm	28,77 mm	0,8 mm
PINOS	Campanha	07/11/2014	10/12/2014	21/01/2015	22/04/2015	11/06/2015	17/07/2015	26/08/2015	05/11/2015
1	1.1	0	0	0,5	0,5	0,5	13	16	16
	1.2	1	1,1	1,5	4	4	4	5	ND
	1.3	2	2,3	2,5	1	1	1	1	1,5
2	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.3	0	0	0	0	0	0	0	2,3
	2.4	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	3.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	3.4	0	0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1
	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0
	4.3	0	0	0	0	0	0	0	1
	4.4	0	0	0	0	0	0	0	0
	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0
5	5.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	5.2	0	0	0	0	0	0	0	0
	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	5.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	5.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	6.1	8,3	8,4	8,5	8,5	8,8	17	19	32
	6.2	11,4	11,6	12,6	13,5	13,5	18	18	9
	6.3	0	0	0	0	0	0	0	2
	6.4	0	0	0	0	0	0	0	ND
	6.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	7.1	ND	ND	100	ND	ND	ND	ND	ND
	7.2	2,5	2,5	2,5	9	9	18	18	25
	7.3	0	0	0	0	0	0	0	1
	7.4	0	0	0	0	0	0	0	0
	7.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8	8.1	0	0	0	1	1	8	10	10
	8.2	9,2	9,2	9,5	9,5	9,5	9,7	10	8
	8.3	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	0,5
	8.4	0	0	0	0	0	0	0	0
	8.5	ND	ND	N	ND	ND	ND	ND	ND

9	9.1	0	0	0	0	0	9	40	41
	9.2	12,2	12,2	12,5	15	15	20	26	19
	9.3	0	0	0	0	0	ND	ND	ND
	9.4	0	0	0	0	0	ND	ND	ND
10	10.1	0	0	0	0	0	ND	ND	ND
	10.2	0	0	0	0	0	41	44	41
	10.3	0	0	0	0	0	38	43	42
	10.4	1	1	0	1	1	3	5	3
	10.5	0	0	1,5	ND	ND	ND	ND	ND
11	11.1	2,1	2,1	2,5	2,1	2,1	3	5	0
	11.2	0	0	0	0	0	0	0	0
	11.3	0	0	0	1	1	2	2	0
	11.4	0	0	0	1	1	3	3	0
	11.5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12	12.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	12.2	0	0	0	0	0	0	13	0
	12.3	0	0	0	0	0	0	9	0
13	13.1	0	0	0	0	0	0	0	ND
	13.2	0	0	0	0	ND	0	1	ND
	13.3	0	0	0	0	ND	0	0	ND
14	14.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	14.2	0	0	0	0	0	0	7	0
	14.3	0	0	0	0	0	0	8	0
	14.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0
15	15.1	0	0	0	0	0	0	3	ND
	15.2	0	0	0	0	0	0	0	ND
	15.3	0	0	0	0	0	0	0	ND
	15.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16	16.1	0	0	0	0	0	0	8	ND
	16.2	0	0	0	0	0	0	3	ND
	16.3	0	0	0	0	0	0	2	ND
	16.4	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND
17	17.1	0	0	0	0	0	0	0	ND
	17.2	0	0	0	0	0	0	0	ND
	17.3	0	0	0	0	0	0	ND	ND
	17.4	ND	ND	ND	ND	0	ND	ND	ND
18	18.1	0	0	0	0	0	0	0	ND
	18.2	0	0	0	0	0	0	0	ND
	18.3	0	0	0	0	0	0	0	ND
	18.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19	19.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	19.2	0	0	2,5	3	3	3	3	0

	19.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	19.4	ND	ND	ND	ND	ND	0	0	ND
20	20.1	0	0	0	0	0	0	0	0
	20.2	0	0	0	0	0	0	0	0
	20.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	20.4	0	0	0	0	0	0	0	ND
21	21.1	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	21.2	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	21.3	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	21.4	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22	22.1	1,9	2,1	2,5	3	3	3	4	1,5
	22.2	0	0	0	0	0	0	0	0
	22.3	0	0	0,5	0,8	0,8	1	1	0
	22.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23	23.1	0	0	0	0	0	0	0	ND
	23.2	12	12	12,5	15	15	19	19	17
	23.3	ND	ND	ND	ND	0	0	0	2
	23.4	ND	ND	ND	ND	0	0	0	ND
24	24.1	ND	ND	ND	ND	0	0	0	ND

APÊNDICES K – Dados de leitura das estacas no experimento

TABELA 01 – Resultado do monitoramento das estacas de erosão no tratamento GO1

Medições	GO1.1	GO1.2	GO1.3	GO1.4	GO1.5	GO.6	Soma	Diferença
1ª ago. 2014	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	90,0	0
2ª set. 2014	15,9	17,0	15,0	17,0	15,9	16,6	97,4	7,4
3ª out. 2014	15,8	16,7	16,5	16,5	15,0	17,4	97,9	7,9
4ª nov. 2014	15,9	16,6	16,5	16,7	16,4	17,0	99,1	9,1
5ª dez. 2014	15,6	16,0	17,0	16,3	14,9	16,5	96,3	6,3
6ª abr. 2015	15,0	15,0	17,0	16,0	12,0	15,4	90,4	0,4
7ª mai. 2015	16,0	16,0	16,5	16,5	15,0	18,0	98,0	8
8ª jun. 2015	19,0	15,0	16,5	16,5	12,0	14,5	93,5	3,5
9ª jul. 2015	18,5	15,0	16,5	16,0	11,5	15,0	92,5	2,5
10ª ago. 2015	17,4	15,7	17,8	16,1	14,0	17,9	98,9	8,9

GO1 – Tratamento com geotêxtil de ouricuri, repetição (bloco 01) e posição das estacas no talude (GO1.1, GO1.2, GO1.3, GO1.4, GO1.5, GO1.6)

Fonte: Autora, 2015.

TABELA 02 – Resultado do monitoramento das estacas de erosão no tratamento GT1

Medições	GT1.1	GT1.2	GT1.3	GT1.4	GT1.5	GT1.6	Soma	Diferença
1ª ago. 2014	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	90,0	0
2ª set. 2014	15,5	14,8	16,8	15,5	16,5	15,0	94,1	4,1
3ª out. 2014	13,4	14,0	16,5	15,4	15,4	14,6	89,3	-0,7
4ª nov. 2014	13,8	13,8	16,8	15,8	16,2	15,3	91,7	1,7
5ª dez. 2014	14,2	13,3	16,3	15,4	15,2	14,9	89,3	-0,7
6ª abr. 2015	15,3	14,0	15,7	14,4	15,0	15,3	89,7	-0,3
7ª mai. 2015	13,5	14,0	16,0	15,5	16,0	15,0	90,0	0
8ª jun. 2015	14,0	14,5	16,0	15,0	15,4	16,4	91,3	1,3
9ª jul. 2015	14,4	13,0	15,6	13,8	15,1	16,4	88,3	-1,7
10ª ago. 2015	16,1	15,3	21,0	16,3	15,1	16,3	100,1	10,1

GT1 – Tratamento com geotêxtil de taboa, repetição (bloco 01) e posição das estacas no talude (GT1.1, GT1.2, GT1.3, GT1.4, GT1.5, GT1.6)

Fonte: Autora, 2015.

TABELA 03 – Resultado do monitoramento das estacas de erosão no tratamento SN1

Medições	SN1.1	SN1.2	SN1.3	SN1.4	SN1.5	SN1.6	Soma	Diferença
1ª ago. 2014	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	90,0	0
2ª set. 2014	15,6	15,1	15,9	16,0	16,1	17,6	96,3	6,3
3ª out. 2014	14,3	14,8	14,9	16,7	15,3	16,6	92,6	2,6
4ª nov. 2014	14,1	14,8	14,9	16,0	15,2	16,6	91,6	1,6
5ª dez. 2014	13,8	15,4	14,7	15,6	14,9	16,1	90,5	0,5
6ª abr. 2015	12,0	16,0	15,0	14,2	14,4	15,0	71,6	-3,4
7ª mai. 2015	13,4	16,0	15,0	15,0	15,0	15,5	89,9	-0,1
8ª jun. 2015	13,5	17,0	16	14,0	14	15,0	74,5	-0,5
9ª jul. 2015	15,0	17,0	15,0	15,0	13,5	15,0	75,5	0,5
10ª ago. 2015	13,5	16,4	18,3	16,8	15,1	15,0	80,1	5,1

SN1 – Tratamento com solo sem geotêxtil , repetição (bloco 01) e posição das estacas no talude (SN1.1, SN1.2, SN1.3, SN1.4, SN1.5, SN1.6)

Fonte: Autora, 2015.

TABELA 04 – Resultado do monitoramento das estacas de erosão no tratamento GO2

Medições	GO2.1	GO2.2	GO2.3	GO2.4	GO2.5	GO2.6	Soma	Diferença
1ª ago. 2014	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	90,0	0
2ª set. 2014	15,9	15,0	14,8	14,5	15,0	14,5	89,7	-0,3
3ª out. 2014	16,3	14,9	13,7	15,5	15,5	15,4	91,3	1,3
4ª nov. 2014	15,6	15,3	15,2	14,8	15,5	15,4	91,8	1,8
5ª dez. 2014	15,3	14,7	13,0	13,8	13,7	14,1	84,6	-5,4
6ª abr. 2015	14,5	13,0	14,5	14,0	14,0	14,5	84,5	-5,5
7ª mai. 2015	16,0	15,0	13,5	14,0	14,4	15,0	87,9	-2,1
8ª jun. 2015	14,0	14,0	15,5	14,0	14,5	13,0	85,0	-5
9ª jul. 2015	14,5	14,0	15,0	14,3	14,0	13,0	84,8	-5,2
10ª ago. 2015	16,3	15,2	15,7	15,4	11,1	13,0	86,7	-3,3

GO1 – Tratamento com geotêxtil de ouricuri, repetição (bloco 02) e posição das estacas no talude (GO2.1, GO2.2, GO2.3, GO2.4, GO2.5, GO2.6)

Fonte: Autora, 2015.

TABELA 05 – Resultado do monitoramento das estacas de erosão no tratamento GT2

Medições	GT2.1	GT2.2	GT2.3	GT2.4	GT2.5	GT2.6	Soma	Diferença
1ª ago. 2014	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	90,0	0
2ª set. 2014	17,1	15,0	14,8	15,0	16,4	15,0	93,3	3,3
3ª out. 2014	16,3	15,0	16,0	16,0	16,2	15,4	94,9	4,9
4ª nov. 2014	16,5	15,1	15,6	15,5	16,5	15,9	95,1	5,1
5ª dez. 2014	15,1	14,7	16,5	15,8	16,7	14,4	93,2	3,2
6ª abr. 2015	15,0	13,5	14,5	15,0	15,3	14,0	87,3	-2,7
7ª mai. 2015	16,0	14,6	15,7	15,7	17,0	15,0	94,0	4
8ª jun. 2015	15,5	15,0	15,5	15,0	15,2	14,0	90,2	0,2
9ª jul. 2015	15,0	14,5	16,4	15,0	14,0	14,0	88,9	-1,1
10ª ago. 2015	17,0	16	16,8	15,6	17,2	10,5	93,1	3,1

GT2 – Tratamento com geotêxtil de taboa, repetição (bloco 02) e posição das estacas no talude (GT2.1, GT2.2, GT2.3, GT2.4, GT2.5, GT2.6)

Fonte: Autora, 2015.

TABELA 06 – Resultado do monitoramento das estacas de erosão no tratamento GJ2

Medições	GJ2.1	GJ2.2	GJ2.3	GJ2.4	GJ2.5	GJ2.6	Soma	Diferença
1ª ago. 2014	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	90,0	0
2ª set. 2014	15,8	16,0	16,0	14,6	14,4	14,4	91,2	1,2
3ª out. 2014	15,6	15,4	15,9	14,8	14,9	14,7	91,3	1,3
4ª nov. 2014	15,3	15,0	15,4	14,3	14,0	14,0	88	-2
5ª dez. 2014	15,2	14,4	14,2	14,3	14,3	13,8	86,2	-3,8
6ª abr. 2015	14,8	13,7	14,5	14,0	13,5	14,0	84,5	-5,5
7ª mai. 2015	15,5	14,4	14,5	14,0	14,0	14,0	86,4	-3,6
8ª jun. 2015	14,5	16,0	14,6	14,5	13,9	14,5	88	-2
9ª jul. 2015	15,0	15,8	14,4	14,0	14,0	14,5	87,7	-2,3
10ª ago. 2015	15,7	18	19,2	12,8	14,7	14,5	94,9	4,9

GJ2 – Tratamento com geotêxtil de junco, repetição (bloco 02) e posição das estacas no talude (GJ2.1, GJ2.2, GJ2.3, GJ2.4, GJ2.5, GJ2.6)

Fonte: Autora, 2015.

TABELA 07 – Resultado do monitoramento das estacas de erosão no tratamento SN2

Medições	SN2.1	SN2.2	SN2.3	SN2.4	SN2.5	SN2.6	Soma	Diferença
1ª ago. 2014	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	90,0	0
2ª set. 2014	16,3	16,9	15,2	15,9	16,1	18,8	99,2	9,2
3ª out. 2014	15,5	14,3	15,0	16,0	16,0	15,8	92,6	2,6
4ª nov. 2014	15,5	13,5	15,0	16,0	16,5	16,0	92,5	2,5
5ª dez. 2014	15,1	13,6	16,2	16,1	15,7	12,8	89,5	-0,5
6ª abr. 2015	14,3	12,0	14,0	14,5	14,5	15,0	84,3	-5,7
7ª mai. 2015	14,5	12,7	14,7	15,4	15,8	15,0	88,1	-1,9
8ª jun. 2015	14,5	12,0	14	14,0	15,0	14,5	69	-6
9ª jul. 2015	14,5	11,6	14,0	14,5	14,0	15,0	68,6	-6,4
10ª ago. 2015	14,6	13,9	14	15,0	14,3	15,3	72,1	-2,9

SN2 – Tratamento com solo sem geotêxtil, repetição (bloco 02) e posição das estacas no talude (SN2.1, SN2.2, SN2.3, SN2.4, SN2.5, SN2.6)

Fonte: Autora, 2015.

TABELA 08 – Resultado do monitoramento das estacas de erosão no tratamento GJ3

Medições	GJ3.1	GJ3.2	GJ3.3	GJ3.4	GJ3.5	GJ3.6	Soma	Diferença
1ª ago. 2014	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	90,0	0
2ª set. 2014	15,3	15,2	15,4	15,9	15,4	13,6	90,8	0,8
3ª out. 2014	14,6	14,2	14,4	16,3	18,3	14,0	91,8	1,8
4ª nov. 2014	14,5	15,0	16,5	16,2	16,5	14,0	92,7	2,7
5ª dez. 2014	13,8	13,6	16,2	16,1	15,7	12,8	88,2	-1,8
6ª abr. 2015	13,7	12,5	16,4	15,0	15,4	13,0	86	-4
7ª mai. 2015	14,0	13,5	15,9	15,8	15,8	13,4	88,4	-1,6
8ª jun. 2015	13,9	13,0	16,3	15,0	14,5	13,0	85,7	-4,3
9ª jul. 2015	14,0	12,5	16,0	15,0	14,5	13,0	85	-5
10ª ago. 2015	15,0	12,8	15,5	15,2	14,4	12,9	85,8	-4,2

GJ3 – Tratamento com geotêxtil de junco , repetição (bloco 03) e posição das estacas no talude (GJ3.1, GJ3.2, GJ3.3, GJ3.4, GJ3.5, GJ3.6)

Fonte: Autora, 2015.